

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VITOR CEZAR MIESSA COELHO

**SIMULAÇÃO DO MANEJO VISANDO A VALORAÇÃO ECONÔMICA DA  
MADEIRA DE *Pinus taeda* L. COM PROPRIEDADES MECÂNICAS  
MELHORADAS EM MÁXIMA PRODUÇÃO BIOLÓGICA DO SÍTIO**

CURITIBA

2016

VITOR CEZAR MIESSA COELHO

**SIMULAÇÃO DO MANEJO VISANDO A VALORAÇÃO ECONÔMICA DA  
MADEIRA DE *Pinus taeda* L. COM PROPRIEDADES MECÂNICAS  
MELHORADAS EM MÁXIMA PRODUÇÃO BIOLÓGICA DO SÍTIO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração Manejo Florestal, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. PhD Nelson Y Nakajima  
Co-orientadores: Prof. PhD Roberto T Hosokawa  
Prof. Dr. José G Prata  
Prof. Dr. Nelson C Rosot

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Coelho, Vitor Cezar Miessa

Simulação do manejo visando a valoração econômica da madeira de *Pinus Taeda* L. com propriedades mecânicas melhoradas em máxima produção biológica do sítio / Vitor Cezar Miessa Coelho. – Curitiba, 2016.  
323 f. : il.

Orientador: Prof. PhD Nelson Y. Nakajima

Coorientadores: Prof. PhD Roberto T. Hosokawa

Prof. Dr. José G. Prata

Prof. Dr. Nelson C. Roso

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 04/03/2016.

Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Madeira - Qualidade. 2. Madeira serrada. 3. Manejo florestal. 4. Madeira – Aspectos econômicos. 5. Pinus taeda. 6. Teses. I. Nakajima, Nelson Yoshihiro. II. Hosokawa, Roberto T. III. Prata, José G. IV. Roso, Nelson C. V. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. VI. Título.

CDD – 634.9


CDU – 634.0.851

### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Tese de Doutorado de **VITOR CEZAR MIESSA COELHO**, intitulada: "**SIMULAÇÃO DO MANEJO VISANDO A VALORAÇÃO ECONÔMICA DA MADEIRA DE Pinus taeda L. COM PROPRIEDADES MECÂNICAS MELHORADAS EM MÁXIMA PRODUÇÃO BIOLÓGICA DO SÍTIO**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

Aprovação.

Curitiba, 04 de Março de 2016.



Prof NELSON YOSHIHIRO NAKAJIMA (UFPR)  
(Presidente da Banca Examinadora)



Prof EGON WALTER WILDAUER (UFPR)



Prof JORGE LUIS MONTEIRO DE MATOS (UFPR)



Prof LAURI AMÂNDIO SCHORN (FURB)



Prof ROBERTO TUYOSHI HOSAKAWA (UFPR)



Aos meus pais  
Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todas as pessoas que participaram deste projeto de pesquisa e de vida:

Ao meu Orientador, Professor Nelson Yoshihiro Nakajima, profissional e pessoa presente, ético, amigo, próximo e capaz.

Ao Professor Roberto Tuyoshi Hosokawa, por partilhar seus sonhos, suas idéias e me permitir desenvolver um estudo que foi gerado a partir de suas reflexões de pesquisador. Agradeço pela grande oportunidade que me foi concedida!

Ao Professor José Guilherme Prata, pelo apoio nos ensaios de resistência e rigidez da madeira e pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa. Um companheiro!

Ao Professor Nelson Carlos Rossot pelas importantes contribuições que enriqueceram este trabalho.

A todos os professores da Pós Graduação da Escola de Florestas da UFPR, por compartilharem seu conhecimento e suas experiências.

À Técnica do LATEC Mariuci Torres dos Santos por todo auxílio nos ensaios de resistência e rigidez da madeira.

A todos os funcionários da Pós Graduação pelo apoio.

Às empresas que deram apoio à pesquisa.

À CAPES pelo auxílio-bolsa, sem a qual não teria condições de realizar este estudo.

À ULT – União Latinoamericana de Tecnologia, que me apoiou e estimulou a continuar minha formação acadêmica.

Aos meus pais que me conceberam e me educaram.

À minha esposa, Luciana, pelo apoio.

Aos meus filhos, para quem tento ser exemplo de pai, cidadão e pessoa.

Aos colegas de trabalho, que me enriquecem como pessoa a cada encontro.

Aos meus alunos, início e fim do meu magistério, agradeço por me estimularem a estudar mais, ser mais didático, mais pedagógico, mais mestre e mais humano.

Há pessoas que desejam saber só por saber, isso é curiosidade.  
Há pessoas que desejam saber para alcançar a fama, isso é vaidade.  
Há pessoas que desejam saber para enriquecer, isso é um negócio torpe.  
Há pessoas que desejam saber para serem edificadas, isso é prudência.  
Há pessoas que desejam saber para edificar os outros, isso é caridade.

Santo Agostinho

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Vitor Cezar Miessa Coelho, nascido a 16 de março de 1.963 em Curitiba, Paraná, segundo filho de Orlando Coelho e Helena Miessa, iniciou sua graduação na Universidade Federal do Paraná – Escola de Florestas em 1.982. Tornou-se Engenheiro Florestal em 1.986. Em 1.987 iniciou sua atividade profissional na CONFAL – Consultoria Florestal Brasileira, em Curitiba. No mesmo ano, passou a responsável técnico das atividades florestais na SANTA MARIA – Cia de Papel e Celulose, em Guarapuava, Paraná. Em 1991, assumiu a função de Chefe de Silvicultura da GIACOMET – MARODIN Indústria de Madeiras, em Quedas do Iguaçu. Em 1995, passou a residir em Ponta Grossa, onde por 15 anos atuou como consultor autônomo. Em 2004, pelo SISTEMA UNIÃO DE ENSINO, fez especialização em Gestão de Pessoas. No ano seguinte se tornou membro do corpo docente da ULT – União Latinoamericana de Tecnologia atuando até 2012. Em 2010, concluiu o Mestrado pela UFPR, na área de Economia e Política Florestal. Em 2012 iniciou o doutorado pela mesma Escola de Florestas, UFPR. Ainda em 2013 concluiu a Especialização em Ensino à Distância pela FACEL, e em 2014, Especialização em Perícia e Auditoria Ambiental pela UNINTER. Em 2016 conclui o doutorado com a defesa da presente tese.



## RESUMO

O presente estudo parte das reflexões feitas pelo pesquisador Roberto Tuyoshi Hosokawa no III Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal, em 1999, quando propôs que a pesquisa florestal se voltasse para a questão da produção de madeira de *Pinus taeda* L. em qualidade. Assim, cada setor produtivo florestal teria suas demandas atendidas: celulose e papel, chapas e painéis, carvão vegetal, móveis e construção civil. Esta pesquisa faz então, uma simulação da produção de madeira de *Pinus taeda* L. para uso como madeira serrada, com características voltadas à qualidade, para atender atributos de qualidade superior, sob regime de manejo que utiliza a máxima capacidade produtiva do sítio. Para a simulação foram considerados dados de povoamentos sob densidade completa: Tratamento 1: 30 anos, 4 desbastes; Tratamento 2: 32 anos, 3 desbastes e, Tratamento 3: 36 anos e 2 desbastes. A partir de outro conjunto de dados de povoamentos sob densidade completa no mesmo sítio, foi ajustada a Equação de Reineke. Segundo os dados originais e as estimativas, foram propostos regimes de manejo, introduzindo mais um desbaste entre as intervenções, de forma a produzir anéis de crescimento homogêneos e uniformes. Os tratamentos passaram a: Tratamento 1: 30 anos, 8 desbastes; Tratamento 2: 32 anos, 6 desbastes e, Tratamento 3: 36 anos e 4 desbastes. Apropriados os custos e receitas, segundo o VPLA, o Tratamento 1 com ciclo de 30 anos e 8 desbastes foi identificado como o melhor investimento. A análise de sensibilidade demonstrou que o limite de viabilidade do manejo através do  $VPL=0$ , ocorreu à uma TMA de 8,85%. Foram propostos 6 Cenários de viabilidade de investimento a partir da valorização das toras pela poda. O Cenário 6 com valorização de 100% sobre os preços atuais apresentou o melhor resultado, com VPL de R\$18.098,99 e TIR de 13% à uma TMA de 7%. Para identificar a melhoria da qualidade da madeira foi realizada a simulação da rigidez e da resistência para ensaios de Compressão Paralela às Fibras e Flexão Estática. Com os resultados foram ajustadas equações a partir de regressão linear e criada a possibilidade de pré-determinar o comportamento estrutural das peças a partir dos dados de número de anéis e massa específica. Os resultados demonstraram para que o aumento no número de análise e sua distribuição mais homogênea, proporciona incremento nas propriedades mecânicas da madeira. O estudo identificou o Tratamento 1 como de manejo intensivo, viável economicamente, com melhor distribuição dos anéis anuais, passível de proporcionar redução de custos nos processos de industrialização. Pelo conjunto de informações e simulações podem ser determinados os regimes de manejo que atendam a produção de madeira de *Pinus taeda* com qualidade superior. O presente estudo, propõe a inovação tecnológica no manejo florestal, oferecendo à indústria, matéria-prima que atenda à sua demanda. As características desejadas do produto acabado definem o regime de manejo que será adotado.

Palavras-chave: Dimensionamento do crescimento. Propriedades mecânicas da madeira. Qualidade da madeira.

## ABSTRACT

This study is based on research made by Roberto Tuyoshi Hosokawa in the III Brazilian Symposium on Forestry Research in 1999. The topic of the research was regarding the production of wood from the *PinusTaeda L.* cm quality. Thus, each forest production sector would need to meet these demands: pulp and paper, plates and panels, charcoal, furniture and civil construction. This research was made with a simulation of *PinusTaeda L.* Wood production for use as lumber, with features focused on quality to meet higher quality attributes under management regime that utilize the maximum productive capacity of the site. For the experiments, this data was considered: Treatment 1: 30 years old, 4thinnings; Treatment 2: 32 years old, 3 thinnings and Treatment 3: 36 years old and 2 thinnings. From another set of data experiments under full density in same site was adjusted to the Reineke Equation. According to the original data and estimates, management systems proposed a further thinning of the interventions to produce rings of homogeneous and uniform growth. Treatments were now: Treatment 1: 30 years old, 8thinnings; Treatment 2: 32 years old, 6 thinnings and Treatment 3: 36 years old and 4 thinnings. Judging the costs and revenues, the best investment would be, according to ANPV, would be treatment with 1 cycle of 30 years and 8thinnings. The sensitivity analysis showed that the management of the limit of viability through the  $NPV = 0$ , occurred at a TMA of 8.85%. 6 investment feasibility Scenarios were proposed from the valorization of logs by pruning. The Scenario 6 with 100% valorization on current prices presented the best result, with a NPV of R \$ 18,090.99 and an IRR of 13% to a TMA 7%. To help identify the improvement of wood quality, a simulation of stiffness and resistance was carried out in order to test the parallel compression fibres and Static bending. The results were adjusted equations from linear regression, and created the possibility of it pre-determine the specific mass. The results demonstrated that the increase in the mechanical properties of wood. The study identified the Treatment 1 as intensive management, economically viable, with a better distribution of the annual rings, capable of providing cost reductions. The amount of information and simulations can determine management regimes that meet wood production of *PinusTaeda* with superior quality. This study proposes the technological innovation in forest management, offering the industry raw material that meets the consumer's demands. The desired characteristics of the finished product define the process that will be adopted.

**Key Words:** Dimensions of growth, mechanical properties of wood, wood quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1 - LAMBRIS DE PINUS SEM DEFEITO.....	11
FIGURA 1.2 - SÉRIE HISTÓRICA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA TROPICAL SERRADA (m³) NO BRASIL, CAMARÕES, GANA, INDONÉSIA, MALÁSIA E PAPUA NOVA GUINÉ.....	14
FIGURA 1.3 - MERCADOS DE MADEIRA NATIVA DA AMAZONIA 1998 A 2009.....	15
FIGURA 1.4 - EVOLUÇÃO DO EXTRATIVISMO E DA SILVICULTURA NO BRASIL.....	16
FIGURA 1.5 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – MUNICÍPIO DE SENGÉS, DISTRITO OURO VERDE / PARANÁ.....	21
FIGURA 2.1 - CURVAS DE IMA DE POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. NA REGIÃO DE SENGÉS – PR, DO TRATAMENTO 1 : 30 ANOS COM 4 DESBASTES.....	43
FIGURA 2.2 - CURVAS DE IMA DE POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. NA REGIÃO DE SENGÉS – PR, DO TRATAMENTO 2 : 32 ANOS COM 3 DESBASTES.....	44
FIGURA 2.3 - CURVAS DE IMA DE POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. NA REGIÃO DE SENGÉS – PR, DO TRATAMENTO 3 : 36 ANOS COM 2 DESBASTES.....	44
FIGURA 2.4 - RESÍDUOS DA EQUAÇÃO DE REINEKE.....	49
FIGURA 4.1 - HISTOGRAMA DO FLUXO DE CAIXA DO TRATAMENTO 2.....	103
FIGURA 4.2 - VARIAÇÃO DO VPL PELA TMA.....	105
FIGURA 4.3 - EFEITO RELATIVO DA VARIAÇÃO DA TMA SOBRE O VPL.....	106
FIGURA 4.4 - COMPORTAMENTO DO VPL E TIR SEGUNDO OS CENÁRIOS...	109
FIGURA 4.5 - ACRÉSCIMO NO VPL PELO AUMENTO DO PREÇO DE VENDA.....	110
FIGURA 4.6 - VARIAÇÕES RELATIVAS DO VPL EM FUNÇÃO DO PREÇO DE VENDA DA MADEIRA.....	111
FIGURA 4.7 - HISTOGRAMA DA VARIAÇÃO DA TIR DE ACORDO COM OS CENÁRIOS.....	112
FIGURA 4.8 - HISTOGRAMA DOS GANHOS PERCENTUAIS DA TIR DE ACORDO COM OS CENÁRIOS.....	113

FIGURA 5.1 - MÁQUINA EMIC DL30000N, PROGRAMA TESC VERSÃO 3.04.....	134
FIGURA 5.2 - CP DO ENSAIO DE FLEXÃO DESCARTADO.....	135
FIGURA 5.3 - CP DO ENSAIO DE FLEXÃO APTO.....	136
FIGURA 5.4 - CP DO ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA INAPTO E APTO.....	136
FIGURA 5.5 - NÚMERO DE ANÉIS POR CP E A HOMOGENEIDADE ENTRE OS ANÉIS.....	137
FIGURA 5.6 - NÚMERO DE ANÉIS POR CP E A HOMOGENEIDADE ENTRE OS ANÉIS.....	137
FIGURA 5.7 - MOE EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE ANÉIS ANUAIS.....	143
FIGURA 5.8 - MASSA ESPECÍFICA EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE ANÉIS ANUAIS.....	144
FIGURA 5.9 - MOR EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE ANÉIS ANUAIS.....	144
FIGURA 5.10 - RELAÇÃO ENTRE O MOE E O NÚMERO DE ANÉIS ANUAIS..	156
FIGURA 5.11 - RELAÇÃO ENTRE A MASSA ESPECÍFICA E O NÚMERO DE ANÉIS.....	157
FIGURA 5.12 - RELAÇÃO ENTRE O MOR E O NÚMERO DE ANÉIS.....	158
FIGURA 6.1 - OS CINCO TIPOS DE INOVAÇÃO SCHUMPETERIANAS.....	183
FIGURA 6.2 - CURVAS DE ICA E IMA – JANELA DE TEMPO MÁXIMO PARA O DESBASTE.....	188
FIGURA 6.3 - CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL.....	193
FIGURA 6.4 - SUBUTILIZAÇÃO DO ESPAÇO DE CRESCIMENTO.....	201
FIGURA 6.5 - DENSIDADE DE PLANTAS POR CLASSE DIAMÉTRICA EM FLORESTA NATIVA.....	201
FIGURA 6.6 - UTILIZAÇÃO DO POTENCIAL DO SÍTIO.....	202
FIGURA 6.7 – EVOLUÇÃO DO IP EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 36 ANOS E 4 DESBASTES EM SENGÉS - R.....	207
FIGURA 6.8 - EVOLUÇÃO DO IP EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 32 ANOS E 6 DESBASTES EM SENGÉS - R.....	208
FIGURA 6.9 - EVOLUÇÃO DO IP EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 30 ANOS E 8 DESBASTES EM SENGÉS - R.....	209
FIGURA 6.10 – HETEROGENEIDADE DO LENHO PELA MÁ DISTRIBUIÇÃO DOS ANÉIS.....	212

FIGURA 6.11 - DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DE MADEIRA SERRADA NA EUROPA.....	215
FIGURA 6.12 - DIAGRAMA DE CORTE DE CONÍFERAS EUROPÉIAS SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DIAMÉTRICA.....	217
FIGURA 6.13 – CADEIA PRODUTIVA A PARTIR DA DEMANDA DO CONSUMIDOR.....	219
FIGURA 6.14 - REDUÇÃO DAS DIMENSÕES DE PEÇAS PELA MELHORIA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	221
FIGURA 6.15- PAREDE DE LAMBRIS DE PINUS A PARTIR DE MANEJO INTENSIVO: MELHORIA DO ASPECTO VISUAL.....	222

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - DISTRIBUIÇÃO DAS IDADES DOS DESBASTES EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR .....	45
TABELA 2.2 - DISTRIBUIÇÃO DAS IDADES DOS DESBASTES EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR.....	45
TABELA 2.3 - DISTRIBUIÇÃO DAS IDADES DOS DESBASTES EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 36 ANOS EM SENGÉS-PR.....	46
TABELA 2.4 – DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES DE DESBASTE EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR.....	46
TABELA 2.5 – DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES DE DESBASTE EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR.....	46
TABELA 2.6 – DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES DE DESBASTE EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR.....	46
TABELA 2.7 - RESUMO DOS INDICADORES DE AJUSTE DA EQUAÇÃO DE REINEKE PARA UM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> EM SENGÉS – PR.....	48
TABELA 2.8 - DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES, PESO, E ÁREA BASAL SEGUNDO DESBASTES EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR.....	50
TABELA 2.9 - DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES, PESO, E ÁREA BASAL SEGUNDO DESBASTES EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR.....	50
TABELA 2.10 - DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES, PESO, E ÁREA BASAL SEGUNDO DESBASTES EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR.....	50
TABELA 3.1 - PREÇOS MÉDIOS DE MADEIRA EM PÉ POR SORTIMENTO E POR CLUSTER FLORESTAL NO ESTADADO DO PARANÁ.....	71

TABELA 3.2 - PREÇO E CUSTO MÉDIO REGIONAL DE DESBASTES EM <i>Pinus taeda</i> L. NA REGIÃO DE SENGÉS - PR.....	71
TABELA 3.3 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E FORMAÇÃO DA FLORESTA DE <i>Pinus taeda</i> L. NA REGIÃO DE SENGÉS - PR.....	73
TABELA 3.4 - CUSTO DAS PODAS EM POVOAMENTOS DE <i>Pinus taeda</i> L. NA REGIÃO DE SENGÉS, PR.....	73
TABELA 3.5 - PREÇO E CUSTO DOS DESBASTES E COLHEITA EM POVOAMENTOS DE <i>Pinus taeda</i> NA REGIÃO DE SENGÉS – PR.....	74
TABELA 3.6 - PREÇOS PRATICADOS NA REGIÃO DO ESTUDO PARA MADEIRA EM PÉ EM POVOAMENTOS DE <i>Pinus taeda</i> POR SORTIMENTO NA REGIÃO DE SENGÉS, PR.....	74
TABELA 3.7 - PREÇOS PRATICADOS NA REGIÃO DO ESTUDO PARA TORAS CARREGADAS.....	75
TABELA 3.8 - PRODUÇÃO E RENDA/ha SIMULADA EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR.....	76
TABELA 3.9 - PRODUÇÃO E RENDA/ha SIMULADA EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR.....	77
TABELA 3.10 - PRODUÇÃO E RENDA/ha SIMULADA EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 36 ANOS EM SENGÉS-PR.....	78
TABELA 3.11 - FLUXO DE CAIXA SIMULADO EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR.....	79
TABELA 3.12 - FLUXO DE CAIXA SIMULADO EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR.....	81
TABELA 3.13 - FLUXO DE CAIXA SIMULADO EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> COM 36 ANOS EM SENGÉS-PR .....	83
TABELA 3.14 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE DE INVESTIMENTO EM TRÊS REGIMES DE MANEJO EM POVOAMENTOS DE <i>Pinus taeda</i> , SENGÉS-PR .....	84
TABELA 4.1 - FLUXO DE CAIXA EM POVOAMENTO DE PINUS TAEDA COM 30 ANOS E OITO DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS, PARANÁ.....	102
TABELA 4.2 - VARIAÇÃO DO VPL PELA TMA.....	104

TABELA 4.3 - EFEITO RELATIVO DA VARIAÇÃO DA TMA SOBRE O VPL.....	106
TABELA 4.4 - CENÁRIOS DE PREÇOS DA MADEIRA PODADA, VPL E TIR EM POVOAMENTO DE PINUS TAEDA COM 30 ANOS E 8 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS, PARANÁ:.....	108
TABELA 4.5 - SENSIBILIDADE DO VPL AOS PREÇOS DA MADEIRA PODADA.....	110
TABELA 4.6 - VARIAÇÃO RELATIVA DA TIR.....	112
TABELA 4.7 - RESUMO DOS RESULTADOS DO VPL E TIR.....	113
TABELA 5.1 - VALORES MÉDIOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA ESPÉCIES EXÓTICAS.....	125
TABELA 5.2 - VALORES MÉDIOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA <i>Pinus spp</i> AOS 18 ANOS.....	126
TABELA 5.3 - VALORES MÉDIOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA <i>Pinus sp</i> .....	127
TABELA 5.4 - RESISTÊNCIA E RIGIDEZ EM FLEXÃO ESTÁTICA PARA <i>Eucalyptus saligna</i> .....	127
TABELA 5.5 – DIMENSÕES DE PEÇAS DE MADEIRA.....	133
TABELA 5.6 – FORMAS DE EXPRESSÃO DE NÚMERO DE ANÉIS POR CORPO DE PROVA.....	138
TABELA 5.7 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E PROPRIEDADES MECÂNICAS NOS CP – ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	142
TABELA 5.8 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	146
TABELA 5.9 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS.....	146
TABELA 5.10 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 3 ANÉIS ANUAIS.....	147
TABELA 5.11 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 4 ANÉIS ANUAIS.....	148
TABELA 5.12 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 5 ANÉIS ANUAIS.....	148
TABELA 5.13 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 6 ANÉIS ANUAIS.....	148
TABELA 5.14 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 7 A 8 ANÉIS ANUAIS.....	149
TABELA 5.15 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 10 A 13 ANÉIS ANUAIS.....	149



TABELA 5.16 - RESUMO DO MOE ESTIMADO SEGUNDO O NÚMERO DE ANÉIS E MASSA ESPECÍFICA .....	150
TABELA 5.17 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	150
TABELA 5.18 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS.....	151
TABELA 5.19 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS COM 3 ANÉIS ANUAIS.....	152
TABELA 5.20 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS COM 4 ANÉIS ANUAIS .....	152
TABELA 5.21 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS COM 5 ANÉIS ANUAIS.....	152
TABELA 5.22 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS COM 6 ANÉIS ANUAIS.....	153
TABELA 5.23 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS COM 7 A 8 ANÉIS ANUAIS.....	153
TABELA 5.24 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS COM 10 A 13 ANÉIS ANUAIS.....	153
TABELA 5.25 – RESUMO DO MOR ESTIMADO PARA DIFERENTES NÚMEROS DE ANÉIS.....	154
TABELA 5.26 - RELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E PROPRIEDADES MECÂNICAS NOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIO DE FLEXÃO.....	155
TABELA 5.27 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	158
TABELA 5.28 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS.....	159
TABELA 5.29 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 3 ANÉIS ANUAIS.....	160
TABELA 5.30 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 4 ANÉIS ANUAIS.....	160
TABELA 5.31 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 5 ANÉIS ANUAIS.....	160
TABELA 5.32 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 6 ANÉIS ANUAIS.....	160
TABELA 5.33 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 7 ANÉIS ANUAIS.....	161
TABELA 5.34 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 8 ANÉIS ANUAIS.....	161
TABELA 5.35 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 9 ANÉIS ANUAIS.....	161
TABELA 5.36 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS COM 10 A 11 ANÉIS ANUAIS.....	161
TABELA 5.37 - RESUMO DA ESTIMATIVA DO MOE SEGUNDO A MASSA ESPECÍFICA E NÚMERO DE ANÉIS.....	162

TABELA 5.38 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	163
TABELA 5.39 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS.....	163
TABELA 5.40 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM 3 ANÉIS ANUAIS..	164
TABELA 5.41 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM 4 ANÉIS ANUAIS.	164
TABELA 5.42 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM 5 ANÉIS ANUAIS.	165
TABELA 5.43 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM 6 ANÉIS ANUAIS.	165
TABELA 5.44 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM 7ANÉIS ANUAIS..	165
TABELA 5.45 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM ANÉIS ANUAIS...	165
TABELA 5.46 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM ANÉIS ANUAIS...	166
TABELA 5.47 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS COM 10 A 11 ANÉIS ANUAIS.....	166
TABELA 5.48 – RESUMO DAS ESTIMATIVAS DO MOR SEGUNDO O NÚMERO DE ANÉIS E A MASSA ESPECÍFICA.....	166
TABELA 5.49 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS SERRADAS SEGUNDO A COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	167
TABELA 5.50 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS SERRADAS.....	168
TABELA 5.51 - MOE ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS SEGUNDO A FLEXÃO ESTÁTICA.....	170
TABELA 5.52 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS SEGUNDO A FLEXÃO ESTÁTICA.....	171
TABELA 6.1 - INTERVENÇÕES E INCREMENTOS – POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 36 ANOS E SIMULAÇÃO DE 4 DESBASTES.....	207
TABELA 6.2 - INTERVENÇÕES E INCREMENTOS - POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 32 ANOS E SIMULAÇÃO DE 6 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS – PR .....	208
TABELA 6.3: INTERVENÇÕES E INCREMENTOS EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 30 ANOS E SIMULAÇÃO DE 8 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS – PR .....	209
TABELA 6.4: PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA <i>Pinus taeda</i> L.....	211
TABELA 6.5 - MOE ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS – COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	211

TABELA 6.6 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS – COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	212
TABELA 6.7 - MOE ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS – FLEXÃO ESTÁTICA.....	211
TABELA 6.8 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS – FLEXÃO ESTÁTICA.....	211
TABELA 6.9: INTERVENÇÕES REALIZADAS EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. com 32 ANOS E 2 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS – PR.....	213
TABELA 6.10 - PREÇOS DE TORAS DE CONÍFERAS EUROPÉIAS.....	216
TABELA 6.11 - SIMULAÇÃO DA COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS – RIGIDEZ.....	223
TABELA 6.12 - SIMULAÇÃO 1.....	223
TABELA 6.13 - SIMULAÇÃO DA COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS RESISTENCIA.....	224
TABELA 6.14 - SIMULAÇÃO 2.....	224
TABELA 6.15 - SIMULAÇÃO DA FLEXÃO ESTÁTICA – RIGIDEZ.....	225
TABELA 6.16 - SIMULAÇÃO 3.....	225
TABELA 6.17 - SIMULAÇÃO DA FLEXÃO ESTÁTICA – RESISTENCIA.....	226
TABELA 6.18 - SIMULAÇÃO 4.....	226

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1.1 - CLASSIFICAÇÃO VISUAL PARA EFEITOS ESTRUTURAIS.....	13
QUADRO 1.2: REGIME DE MANEJO EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 30 ANOS E 4 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS – PR.....	22
QUADRO 1.3: REGIME DE MANEJO EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 32 ANOS E 3 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS – PR.....	22
QUADRO 1.4: REGIME DE MANEJO EM POVOAMENTO DE <i>Pinus taeda</i> L. COM 36 ANOS E 2 DESBASTES NA REGIÃO DE SENEGÉS – PR.....	22
QUADRO 4.1 - VARIAÇÃO DO VPL PELA TMA.....	104
QUADRO 5.1 - PARÂMETROS PARA EXECUÇÃO DO ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA.....	129
QUADRO 5.2 - PARÂMETROS PARA EXECUÇÃO DO ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA.....	131
QUADRO 5.3 - EQUAÇÕES TESTADAS PARA ESTIMATIVA DO MOR E MOE.....	139

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANATRO	-	Análise de Tronco
APL	-	Arranjo Produtivo Local
ASQ	-	Associação Americana de Qualidade
B/C	-	Razão Benefício/Custo
BCB	-	Banco Central do Brasil
BNDES	-	Banco Nacional de Desenvolvimento Social
BRACELPA	-	Associação Brasileira de Celulose e Papel
EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
COPOM	-	Comitê de Política Monetária
CP	-	Corpo de Prova
DAP	-	Diâmetro à Altura do Peito
DAP	-	Disposição a pagar
Dg	-	Diâmetro Médio Quadrático
FAO	-	Food and Agriculture Organization
FCO		
Programa ABC-		Linha de Financiamento de Desenvolvimento Rural do Programa de Agricultura de Baixo Carbono
FNE Verde	-	Programa de Financiamento à Sustentabilidade Ambiental
IBÁ	-	Instituto Brasileiro de Árvores
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA	-	Incremento Corrente Anual
IMA	-	Incremento Médio Anual
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAM	-	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IPT	-	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ITTO	-	International Tropical Timber Organization
MDF	-	Medium Density Fiberboard
MDP	-	Medium Density Particleboard
MOE	-	Módulo de Elasticidade
MOR	-	Módulo de Ruptura
MPa	-	MegaPascal

N	-	Número de árvores
NBR	-	Norma Brasileira
OSB	-	Oriented Strand Board
Pronaf Floresta	-	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
R <sup>2</sup>	-	Coeficiente de Determinação
SEBRAE	-	Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa
SE	-	Classe Estrutural Especial
SELIC	-	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SFB	-	Serviço Florestal Brasileiro
Sis Pinus	-	Simulador de Crescimento e Produção de Pinus
Syx%	-	Erro Padrão da Estimativa em Percentagem
s	-	Desvio Padrão
TIR	-	Taxa Interna de Retorno
TMA	-	Taxa Mínima de Atratividade
TU	-	Teor de Umidade
VPL	-	Valor Presente Líquido
VPLA	-	Valor Presente Líquido Anualizado
vmi	-	Volume Médio Individual

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>ESTRUTURA DA TESE.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>PROBLEMA DA PESQUISA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
1.3.1	Objetivo Geral.....	5
1.3.2	Objetivos Específicos.....	5
<b>1.4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
1.4.1	<i>Pinus taeda</i> L.....	6
1.4.2	Planejamento da Produção Florestal.....	7
1.4.3	Qualidade da Madeira.....	10
1.4.4	Exaustão de Madeira de Florestas Tropicais e seus Substitutos.....	14
1.4.5	Síntese da Pesquisa.....	17
1.4.6	Caracterização da Pesquisa.....	20
1.4.7	Caracterização da Área do Estudo.....	20
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>2</b>	<b>SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA <i>Pinus taeda</i> L.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
2.2.1	Objetivo Geral.....	30
2.2.2	Objetivos Específicos.....	30
<b>2.3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>31</b>
2.3.1	Crescimento e Produção.....	31
2.3.2	Densidade Completa em Povoamentos.....	32
2.3.3	Desbastes.....	34
2.3.4	Índice de Reineke.....	37
2.3.4.1	Equação de Reineke.....	37
2.3.4.2	Alteração do Modelo Inicial da Equação.....	38
2.3.4.3	Identificação de Dados Discrepantes.....	38
2.3.5	Regressão Linear.....	39
2.3.5.1	Coeficiente de Determinação ou Explicação ( $R^2$ ).....	39
2.3.5.2	Erro Padrão Residual.....	41
2.3.5.3	Análise do Gráfico de Resíduos.....	41

2.3.5.4	Visão geral sobre a interpretação dos Coeficientes de Ajuste.....	42
<b>2.3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO.....</b>	<b>43</b>
2.3.1	Banco de Dados.....	43
2.3.2	Equação de Reineke.....	47
2.3.3	Regimes de Manejo Alternativos.....	47
<b>2.4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
2.4.1	Dados dos Povoamentos Superestocados.....	48
2.4.2	Equação de Reineke.....	49
2.4.3	Dados estimados Para os Regimes de Manejo.....	49
<b>2.5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>
<b>3</b>	<b>ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE TRÊS REGIMES DE MANEJO DE <i>Pinus taeda</i> L.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>58</b>
3.2.1	Objetivo Geral.....	58
3.2.2	Objetivos Específicos.....	58
<b>3.3</b>	<b>REVISAO BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>59</b>
3.3.1	Produção Econômica Florestal.....	59
3.3.2	Análise de Investimento.....	61
3.3.3	Métodos de Análise de Investimentos na Área Florestal.....	64
3.3.3.1	Valor Presente Líquido – VPL.....	64
3.3.3.2	Valor Presente Anualizado – VPLA.....	67
3.3.3.3	Taxa Interna de Retorno – TIR.....	68
3.3.4	Simulação da Produção.....	68
<b>3.4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO.....</b>	<b>70</b>
<b>3.5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>73</b>
3.5.1	Custos de Implantação e Formação das Florestas.....	73
3.5.2	Custos da Poda.....	73
3.5.3	Custos de Colheita e Carregamento .....	74
3.5.4	Preços da madeira em pé.....	74
3.5.5	Preços da madeira carregada.....	75
3.5.6	Simulação da Produção e Renda.....	75
3.5.7	Fluxo de Caixa.....	78



3.5.8	Indicadores de Investimento.....	84
<b>3.6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>88</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E FORMAÇÃO DE PREÇOS.....</b>	<b>93</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>94</b>
<b>4.2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>95</b>
4.2.1	Objetivo Geral.....	95
4.2.2	Objetivos Específicos.....	95
<b>4.3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>96</b>
4.3.1	Fluxo de Caixa.....	96
4.3.2	Análise da Sensibilidade.....	97
4.3.3	Formação de Preço .....	98
<b>4.4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>100</b>
<b>4.5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>101</b>
4.5.1	Fluxo de Caixa do Tratamento 1: 30 anos / 8 Desbastes.....	101
4.5.2	Análise de Sensibilidade do VPL pela variação da TMA.....	104
4.5.3	Análise de Sensibilidade do VPL pela variação dos Preços da Madeira.....	107
<b>4.6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>115</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>116</b>
<b>5</b>	<b>AVALIAÇÃO E SIMULAÇÃO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DE <i>Pinus taeda</i> L. EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO.....</b>	<b>118</b>
<b>5.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>119</b>
<b>5.2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>121</b>
5.2.2	Objetivo Geral.....	121
5.2.3	Objetivos Específicos.....	121
<b>5.3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>122</b>
5.3.1	Gênero <i>Pinus</i> .....	122
5.3.2	Estrutura Macroscópica – Anéis de Crescimento.....	122
5.3.3	Massa Específica.....	123
5.3.4	Teor de Umidade.....	124
5.3.5	Propriedades Mecânicas para <i>Pinus taeda</i> L. e <i>Eucalyptus</i> sp.....	125
5.3.6	Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR).....	128

5.3.7	Compressão Paralela às Fibras.....	129
5.3.8	Flexão Estática.....	130
5.3.9	Método de avaliação da qualidade da madeira para fins estruturais – NBR7190.....	131
5.3.10	Correlação Linear de Pearson.....	131
5.3.11	Análise de Regressão.....	132
5.3.12	Nomenclatura para Peças de Madeira Estrutural.....	133
<b>5.4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>134</b>
<b>5.5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>141</b>
5.5.1	Compressão Paralela as Fibras.....	141
5.5.1.1	Propriedades Físicas dos CP - Massa Específica Aparente e Teor de Umidade.....	141
5.5.1.2	Relação entre as Propriedades Físicas e Propriedades Mecânicas.....	141
5.5.1.3	Propriedades Mecânicas da Madeira – Compressão Paralela às Fibras.....	145
5.5.1.3.1	Avaliação da Rigidez através da Determinação do MOE.....	145
5.5.1.3.2	Correlação.....	145
5.5.1.3.3	Estimativa da Rigidez Através de Regressão Linear.....	146
5.5.1.3.4	Avaliação da Resistencia através da determinação do MOR.....	150
5.5.1.3.5	Correlação.....	150
5.5.1.3.6	Estimativa da Rigidez através de Regressão Linear.....	150
5.5.2	Flexão Estática.....	154
5.5.2.1	Propriedades Físicas dos CP – Massa Específica e Propriedade Mecânicas para ensaio de flexão.....	154
5.5.2.3	Propriedades Mecânicas.....	158
5.5.2.3.1	Avaliação da Rigidez através da determinação do MOE.....	158
5.5.2.3.2	Correlação.....	158
5.5.2.3.3	Estimativa da Rigidez Através de Regressão Linear.....	159
5.5.2.3.4	Avaliação da Resistencia através da determinação do MOR.....	162
5.5.2.3.5	Correlação.....	162
5.5.2.3.6	Estimativa da Resistencia através de Regressão Linear.....	163
5.5.3	Estimativa da Rigidez e Resistência de peças de madeira para Compressão Paralela às Fibras .....	167

5.5.3.1	Simulação do MOE segundo o Número de Anéis Anuais.....	167
5.5.3.2	Simulação do MOR segundo o Número de Anéis Anuais.....	168
5.5.4	Flexão Estática.....	169
5.5.4.1	Simulação do MOE segundo o Número de Anéis Anuais.....	169
5.5.4.2	Simulação do MOR segundo o Número de Anéis Anuais.....	170
<b>5.5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>172</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>174</b>
<b>6</b>	<b>INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO QUALITATIVA DE MADEIRA DE <i>Pinus taeda</i> L.....</b>	<b>178</b>
<b>6.1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>179</b>
<b>6.2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>181</b>
6.2.1	Objetivo Geral.....	181
6.2.1	Objetivos Específico.....	181
<b>6.3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>182</b>
6.3.1	Inovação tecnológica.....	182
6.3.2	Proposição do Manejo para a Produção – Uniformização e Homogeneização dos Anéis Anuais.....	186
6.3.3	Custos de produção e economia de escala.....	189
6.3.4	O Consumidor.....	195
<b>6.4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO.....</b>	<b>199</b>
<b>6.5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>200</b>
6.5.1	Análise da proposição do manejo para a produção.....	200
6.5.2	Análise do dimensionamento adequado da velocidade de crescimento das árvores.....	205
6.5.3	Análise da possibilidade de redução dos custos em processos industriais pela melhoria das propriedades mecânicas da madeira.....	212
6.5.4	Análise da possibilidade da aceitação por parte do consumidor de madeira reflorestada para fins mais nobres.....	219
6.6	Simulação da produção florestal de acordo com o produto final.....	223
<b>6.7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>227</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>230</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES.....</b>	<b>236</b>
<b>7.1</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>237</b>
<b>7.2</b>	<b>CONSIDERAÇÕES .....</b>	<b>240</b>

APENDICE 1 – LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE PODA.....	242
APÊNDICE 2 – SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO E SORTIMENTOS.....	245
APÊNDICE 3 – GRÁFICOS DE RESÍDUOS DAS EQUAÇÕES TESTADAS: COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS E FLEXÃO.....	255
APENDICE 4 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANEJO E C COLHEITA.....	257
APENDICE 5 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO E FLEXÃO.....	319
ANEXO 1 - RENDIMENTO DA POUPANÇA.....	322
ANEXO 2 - IPCA ACUMULADO.....	323

## **1    ESTRUTURA DA TESE**

## 1.1 INTRODUÇÃO

Em 1999 na Universidade Federal de Viçosa, aconteceu o III Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal. Um dos palestrantes foi o Prof. PhD. Roberto Tuyoshi Hosokawa abordando o tema “Evolução Científica e Tecnológica do Manejo de Florestas Equiâneas”. (HOSOKAWA, 1999). O Pesquisador abordou a questão da produção de madeira no Brasil baseada exclusivamente na máxima produtividade. De fato, o Brasil é o país que tem as maiores produtividades na eucaliptocultura e persegue isso também na produção de Pinus. (IBÁ, 2014).

Esta característica da produção massiva teve seu ponto de partida pela escassez de madeira nativa no sul do Brasil que foi se pronunciando nas décadas de 1960 e 1970. Para resolver este problema o governo federal lançou uma política de incentivos fiscais que perdurou até meados de 1980. De forma plural, qualquer pessoa física ou jurídica podia participar de projetos de reflorestamentos, projetos predominantemente para a formação de povoamentos de espécies exóticas de rápido crescimento. Quando as indústrias de base florestal receberam a madeira destes povoamentos, surgiram dificuldades no seu processamento porque o parque industrial era estabelecido predominantemente para madeiras de grandes diâmetros, de folhosas e alguns especificamente para *Araucaria angustifolia*. Por outro lado, não se conhecia a silvicultura e o manejo das espécies exóticas plantadas. Foi preciso toda uma primeira rotação destes povoamentos (20 a 25 anos) para gerar algum conhecimento sobre como manejá-los e processar a madeira com características ainda pouco conhecidas.

Hoje, a produção de madeira a partir de povoamentos de Pinus segue dois regimes predominantes: pulpwood - um ciclo de produção sem desbastes de cerca de 15 anos, ou utilitywood - um ciclo de 20 anos com dois a três desbastes. Estes regimes de manejo são baseados na máxima produção biológica, e máxima rentabilidade, o que gera uma série de problemas na indústria, pela baixa qualidade da madeira.

Na área de confecção de móveis e ambientes, a madeira de reflorestamentos foi progressivamente substituída por compensados, por chapas de partículas ou de fibras, e por madeiras nativas vindas do norte do país a um alto custo de industrialização ou transporte.

Atento a esta questão, o Pesquisador propôs em sua palestra, linhas de pesquisa na área de manejo florestal, no sentido de promover a melhoria da qualidade dos produtos oriundos das florestas plantadas de pinus.

Desta forma, a pesquisa florestal teria duas vertentes: uma voltada para a máxima produtividade e outra voltada para a máxima qualidade do produto.

Com o passar do tempo, à medida que o fator de produção terra se torna escasso, os investimentos são direcionados para a pesquisa de materiais genéticos mais produtivos. Estes materiais genéticos proporcionam maior produção numa mesma área. A questão da abordagem da capacidade produtiva do sítio em produzir madeira de qualidade foi ficando esquecida, assim como a proposta de regimes de manejo que melhorassem as propriedades químicas e mecânicas da madeira de reflorestamento.

A pesquisa florestal brasileira poderia considerar a soma do aumento da produtividade, pela melhoria da qualidade do material genético, associado a regimes de manejo específicos e adequados às demandas de características superiores da madeira; então esta combinação poderia proporcionar: a) celulose e papel: produção de madeira mais densa e com menos lignina; b) chapas e painéis: produção de madeira com mais lignina; c) carvão vegetal: produção de madeira com mais carbono; d) móveis e construção civil: produção de madeira com mais homogeneidade nos anéis anuais.

A partir desta proposta, o caso da produção de madeira em toras para atender a demanda de madeira com maior capacidade estrutural, boa trabalhabilidade e aspecto visual agradável, segundo a utilização da máxima capacidade produtiva do sítio norteou a presente pesquisa.

## **1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

A madeira serrada de *Pinus taeda* L. no Brasil, adquiriu culturalmente um conceito de madeira de baixa qualidade se comparada às espécies nativas do sul do país que eram amplamente utilizadas pelas suas características de qualidade.

Nos seus países de origem, no entanto, é uma espécie muito apreciada para fins de produção de papel, construção civil, chapas de fibras, móveis e decoração.

Esta dicotomia entre os conceitos desta espécie não é somente cultural. De fato a madeira de reflorestamentos de *Pinus taeda* é de baixa qualidade sob os

aspectos de resistência mecânica e aspecto visual, com defeitos como presença de nós, grã reversa, empenamentos entre outros. Isto porque os regimes de manejo florestal adotados no Brasil para esta espécie resultam em baixa qualidade da madeira. No entanto, há conhecimento suficiente para, a partir destes povoamentos, produzir madeira com qualidade superior às encontradas no mercado hoje.

Então o problema que norteou esta pesquisa é:

O manejo de florestas plantadas de *Pinus taeda* L. hoje não está voltado para as demandas da sociedade, mas para a máxima produção biológica de madeira e a máxima rentabilidade econômica. Com isto a madeira apresenta baixa qualidade e é utilizada em produtos menos nobres. Os regimes de manejo hoje não contemplam a possibilidade da produção de madeira de qualidade superior às encontradas no mercado e a máxima utilização da capacidade produtiva no sítio.

A hipótese da pesquisa é:

É possível a partir da demanda do mercado de madeira serrada e laminada de *Pinus taeda* L. estabelecer regimes de manejo florestal que produzam madeira com qualidade superior às encontradas hoje, e propriedades mecânicas incrementadas pela distribuição homogênea dos anéis anuais, ampliando seu uso, especialmente considerando a máxima capacidade produtiva do sítio.



### 1.3 OBJETIVOS

São apresentados a seguir os objetivos do presente estudo.

#### 1.3.1 Objetivo Geral:

Propor o manejo florestal visando à produção econômica de madeira de *Pinus taeda* L. com propriedades mecânicas incrementadas em máxima produção biológica do sítio.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos:

- a. Simular regimes de manejo diferenciados que visem à produção de madeira com anéis de crescimento homogêneos considerando a máxima produção biológica do sítio;
- b. Avaliar a viabilidade econômica da produção de madeira sob três diferentes regimes de manejo em máxima produção biológica do sítio;
- c. Analisar a sensibilidade da produção econômica e simular os preços de venda da madeira de *Pinus taeda* L. considerando propriedades mecânicas incrementadas.
- d. Analisar as propriedades mecânicas da madeira a partir da variação do número de anéis de crescimento e simular as propriedades pela uniformidade e homogeneização dos anéis;
- e. Analisar sob o enfoque de inovações tecnológicas a produção qualitativa de madeira de *Pinus taeda* L.
- f. Propor regimes de manejo de *Pinus taeda* a partir de possíveis demandas de mercado.

## 1.4 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o embasamento teórico do presente estudo, foi realizada uma revisão dos trabalhos já existentes sobre o tema abordado.

### 1.4.1 *Pinus taeda* L.

Segundo Schultz (1997), os indivíduos do gênero *Pinus* são plantas lenhosas, em geral arborescentes, podendo atingir grandes alturas. Caracteristicamente, têm um tronco retilíneo que sustenta a copa.

As folhas são aciculadas (em forma de agulhas), espiraladas. As sementes são aladas o que garante uma eficiente dispersão. Alas formadas a partir de uma porção da escama carpelar. As flores masculinas ocorrem em densos estróbilos alongados.

Os cones ou estróbilos femininos são formados por numerosos macrosporófilos pequenos sustentados por escamas protetoras, externas. Em cada macrosporófilo há dois óvulos.

Segundo a Escala Taxonômica a classificação da espécie é: Reino: Plantae; Divisão: Coniferophita; Classe: Pinopsida; Ordem: Pinales; Família: *Pinaceae*; Gênero: *Pinus*; Espécie: *taeda*

O *Pinus taeda*, é uma espécie florestal originária do Sul dos Estados Unidos (VALERI; SOARES; MONTEIRO, 1989), ocorrendo entre as latitudes de 29° N até 38° N e as longitudes de 75° O e 95° O em altitudes de até 600m. (BARRICHELO et al., 1977). Na área de ocorrência natural a precipitação anual varia de 1000 mm a 1500 mm e a temperatura entre -23° C a 30° C. (KOCH, 1972).

É pouco exigente em termos de fertilidade do solo, ocorrendo em solos rasos. (KOCH, 1972). Apesar da baixa exigência nutricional, em seu local de ocorrência natural, pode atingir até 45 m de altura e diâmetros de até 150 cm. (USDA,1985).

Do ponto de vista econômico, tem grande importância, tanto que foi introduzida em vários países com expressivo sucesso. (OLIVEIRA et al.,2006).

Segundo Schimizu (2008) destacam-se como características presentes na espécie e que são consideradas desejáveis: rusticidade a campo ao ser plantada, rápido pegamento e arranque inicial; rápido crescimento se comparado à sua região de origem e à outra conífera bastante utilizada no sul do Brasil, *Araucaria*

*angustifolia*; resistência às geadas; madeira multiuso, podendo ser utilizada para fabricação de celulose e papel, serrados e beneficiados, laminação, chapas de fibras e seus resíduos, utilizados para produção de energia.

No Brasil, os povoamentos foram implantados nas zonas subtropicais, especialmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MARCHIORI, 1996) em solos bem drenados, sem déficit hídrico.

Dados do Instituto Brasileiro de Árvores - IBÁ, ano Base 2013, apontam no Brasil, incrementos médios anuais na ordem de 31,3m<sup>3</sup>/ha.ano, enquanto que em países como Suécia e Finlândia, países de clima frio, atingem respectivamente 3,5m<sup>3</sup>/ha.ano e 2,0m<sup>3</sup>/ha.ano. (IBÁ, 2014).

Em países de clima semelhante às zonas de produção de povoamentos de *Pinus taeda* no Brasil, África do Sul e Chile, os incrementos anuais são respectivamente 22m<sup>3</sup>/ha.ano e 18m<sup>3</sup>/ha.ano. (IBÁ, 2014).

De um total de 7,6 milhões de hectares de florestas plantadas no Brasil, 1.570.146 ha são de florestas do gênero *Pinus*. (IBÁ, 2014).

Em 2013, foram consumidos 40.749.376 de m<sup>3</sup> de madeira *in natura* de *Pinus*, que foram transformados em 15.295.499 de m<sup>3</sup> de serrados e outros produtos sólidos. (IBÁ, 2014).

O segmento de serrados e outros produtos sólidos, reúne os produtos obtidos por meio de madeira *in natura* – toras – que são transformadas em tabuas, pranchas, caibros, sarrafos, vigas, ripas e vigotes. Estes produtos são utilizados especialmente na construção civil, mas também como embalagens para mercadorias de grande porte, moveis e decoração. (IBÁ, 2014).

A madeira de *Pinus taeda* é muito utilizada no mercado de exportações de madeira serrada e beneficiada. Neste segmento houve um aumento de 4% nas exportações no ano de 2012. Os maiores consumidores foram Estados Unidos, Arábia Saudita, China, Vietnã e Tailândia. (IBÁ, 2014).

#### 1.4.2 Planejamento da Produção Florestal

O planejamento da produção florestal passa pela ótica da avaliação do nível do consumo humano em face de capacidade que os ecossistemas têm de atender essas demandas em quantidade e qualidade a curto e longo prazos. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

O sistema de assimilação e redução natural tem como características processos lentos, de grande biodiversidade, produção num mesmo ecossistema de multiprodutos, que requerem grandes espaços para a produção, enquanto que os níveis de demandas humanas estão cada vez maiores em quantidades consumidas e qualidade dos produtos. Isto gera um descompasso entre a capacidade da natureza se reorganizar e se reproduzir (resiliência) e os níveis de consumo humano. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

Para estabelecer o equilíbrio entre estas duas facetas da vida na Terra, é necessário então criar um conjunto de medidas que garantam: o potencial produtivo dos fatores de produção acima dos níveis de consumo humano; desenvolver tecnologia para utilizar integralmente a matéria-prima e adotar o conceito do rendimento sustentável como princípio de vida (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

A área florestal já há tempos tem respondido a estas questões produzindo madeira através do plantio de florestas comerciais, tendo em vista que as florestas nativas não vão atender por elas mesmas, os níveis de demanda atuais. (HIGUCHI, 2006).

As plantações florestais devem ser concebidas para complementar o manejo, conservação e preservação das florestas nativas no seu entorno, e ao mesmo tempo apresentar níveis produtivos que atendam as demandas para as quais foram implantadas. (HOSOKAWA, MOURA; CUNHA, 2008).

Uma vez estabelecidas estas medidas de complementação da produção através de florestas comerciais, faz-se necessário estabelecer um planejamento florestal que deve partir das seguintes premissas: (1) Planejamento da produção florestal, (2) Planejamento da empresa florestal, (3) Planejamento florestal regional, (4) Planejamento florestal integrado e (5) Planejamento do setor florestal. (HOSOKAWA; MENDES, 1984)

Para Oliveira (1995) os dois níveis iniciais do planejamento são vinculados estritamente à empresa florestal, enquanto os demais são vinculados ao Estado.

No planejamento da empresa florestal, as perguntas a serem feitas são: a) Qual produto o mercado está disposto a consumir? b) Em que quantidades e com qual qualidade? De tal forma que as opções de manejo possam contribuir da melhor maneira a atender estas demandas levantadas e os objetivos do empreendimento.

(KRONKA; BERTOLANI; PONCE, 2005; SANQUETTA, 1996). A ferramenta principal do planejamento é o manejo florestal. (ITTO, 1998)

#### Segundo a International Tropical Timber Organization - ITTO

Manejo florestal é o processo de manejar florestas visando alcançar objetivos específicos relacionados com a produção de um fluxo contínuo de produtos e serviços florestais, sem reduzir os seus valores inerentes e a produtividade futura e sem causar efeitos indesejáveis sobre os meios físico e social. (ITTO, 1998, p.22)

#### Complementarmente,

Planejamento da produção florestal é a organização estrutural das atividades de produção de madeira através de técnicas analíticas, com o objetivo de se indicar opções de manejo que contribuam da melhor forma para atender os objetivos do empreendimento e da coletividade. (SANQUETTA, 1996, p.7)

O planejamento florestal utilizando as ferramentas de manejo deve considerar os aspectos de produção biológica e rendimento econômico. De uma forma geral estes aspectos não se encontram num mesmo período de tempo, cabendo ao responsável pelo planejamento, estabelecer prioridades e fazer a gestão dos ativos. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

Para Schneider et al. (2004), o manejo florestal deve cumprir as exigências básicas: manejo sustentado, racional e funcional. A associação destes conceitos se traduz no Manejo Integral, que abrange os aspectos: (1) físico, (2) financeiro, (3) organizatório e (4) informativo. Ou seja, o manejo de povoamentos florestais é muito mais que plantar, desbastar e colher a floresta. Não é suficiente planejar o manejo somente sob o aspecto físico (número de árvores cortadas), sem planejar o aspecto financeiro (venda dessa madeira), sem se ocupar da logística (transporte), sem ter a percepção do que restou no povoamento (árvores remanescentes), sem planejar o que é possível fazer com o povoamento na próxima intervenção.

O manejo florestal então é a otimização da produção florestal, atendendo às exigências e demandas do mercado consumidor, através do controle da produção. Esta otimização da produção se dá pela gestão eficiente, conhecendo a capacidade produtiva do sítio, o período de produção florestal, o retorno dos investimentos e as rendas intermediárias pelos desbastes. (SPONHOLZ; OLIVEIRA FILHO; OLIVEIRA, 2013; HOSOKAWA, 1999).

### 1.4.3 Qualidade da Madeira

Para a Associação Americana de Qualidade - ASQ (2009), qualidade "é o grau de utilidade esperado ou adquirido de qualquer coisa, verificável através da forma e dos elementos constitutivos do mesmo e pelo resultado do seu uso."

A palavra qualidade tem um efeito subjetivo, pois está relacionada com a cultura, necessidades, demandas e gosto de cada indivíduo ou coletividade. A qualidade se refere a uma expectativa, e esta expectativa é comparativa com outras experiências já vivenciadas. (DEMING, 1990).

Em termos de qualidade da madeira, as espécies nativas da região Sul do Brasil, eram muito superiores em relação à madeira proveniente de povoamentos de pinus implantados durante o período de vigência dos incentivos fiscais. (PEREIRA; TOMAZELI, 2004).

Segundo Brand et. al, (2000) naquela situação os povoamentos de pinus foram implantados para uso em celulose e papel. Já na década de 1970, a indústria de serrados iniciou o consumo desta madeira, que cresceu à medida que as áreas de florestas nativas se esgotavam ou eram destinadas à preservação. Como o produto final não tinha sido submetido a tratos silviculturais – podas e desbastes – a madeira era de baixa qualidade se comparada às madeiras de nativas. Este processo levou a uma certa resistência ao seu uso, que com o tempo criou a cultura de que a madeira de pinus é de baixa qualidade.

A influência dos tratos silviculturais na qualidade da madeira de pinus tem sido estudado por diversos autores, e há um consenso de que o espaçamento original, adubação, podas e desbastes influenciam na formação do lenho e na qualidade da madeira (KLOCK, 1989).

A FIGURA 1.1 mostra lambris de pinus produzido a partir do conceito de qualidade da madeira.

FIGURA 1.1 - LAMBRIS DE PINUS SEM DEFEITOS



FONTE: REVISTA AMANHÃ (2015)

Considerando que a qualidade da madeira parte do seu aspecto da estrutura anatômica, é necessário estudar os anéis de crescimento. Em termos de estrutura celular, as coníferas são relativamente simples, pois apresentam basicamente dois tipos de células: os traqueídeos axiais (90% a 95%) e as células radiais (5% a 10%). Esta Ordem tem como característica a formação de anéis de crescimento. Nos anéis de crescimento podem-se diferenciar duas regiões bem distintas pela coloração: uma mais clara e outra mais escura. Estas variações na cor se dão pelas dimensões da parede celular. Na parte mais clara, chamada lenho inicial ou primavera, a parede celular é mais fina, então a densidade da madeira é menor. Na parte mais escura, as células têm a parede celular mais espessa, então a madeira é mais densa. São os chamados lenho tardio ou outonal. A sucessão de dois desses lenhos acontece no período de um ano, por isso os anéis são também chamados de anéis anuais. (BURGER; RICHTER, 1991).

Quanto à distribuição dos anéis anuais ao longo do fuste, eles seguem uma configuração de acordo com o nível de competição por fatores de produção da árvore: água, luz e nutrientes. Assim, à medida que a árvore cresce, num povoamento, estes fatores ficam escassos e o crescimento radial do fuste é reduzido. Ao realizar o desbaste, a árvore livre de competição, irá reagir à maior disponibilidade dos fatores de produção e produzir maior quantidade de lenho inicial. Ao longo dos anos estas árvores, irão entrar novamente em competição pelos fatores de produção e a formação do lenho inicial tende a diminuir, prevalecendo o lenho outonal. (LARSON, 1963). Esta configuração irregular dos anéis de

crescimento característico dos regimes de manejo mais freqüentes nas empresas, que visam o máximo crescimento biológico, confere defeitos à madeira quando do seu processamento.

Segundo Uriartt (2001), são considerados defeitos na madeira todas as anomalias que alteram o desempenho e suas propriedades mecânicas, podendo ser divididos em quatro grupos: defeitos de crescimento, de secagem, de produção e de alteração.

Para corrigir esta distorção Larson (1969), propõe o monitoramento sobre as taxas de crescimento e a decisão sobre a realização dos desbastes. Este monitoramento sobre a produção leva a um controle desejável e a distribuição uniforme dos anéis de crescimento.

A melhor distribuição dos anéis de crescimento ao longo do fuste, pode contribuir para a melhoria das propriedades mecânicas da madeira. A má distribuição dos anéis anuais é fonte primária da baixa qualidade de madeira serrada, quando da utilização de toras de povoamentos manejados para diversos fins. Nesta circunstancia de manejo, as tensões do crescimento são desiguais pela baixa uniformidade nos anéis ao longo do tempo que geram tensões internas, rachaduras, empenamentos e encanoamentos. (DELMENEZZI,1999).

Segundo Dinwoodie (1966) no interior dos fustes ao longo do tempo, são geradas tensões que são definidas como forças internas estáveis. Ao abater a árvore estas forças são liberadas e constituem graves dificuldades para o processamento da madeira quando os cortes transversais e longitudinais são realizados e podem resultar em empenamentos e rachaduras (LISBOA, 1993).

Quantificar estas forças no interior das árvores não é possível, mas Ferrand (1983) sugere que no caso de coníferas, sejam influenciadas pelo regime de manejo florestal.

A largura e distribuição dos anéis de crescimento podem ser indicadores de determinadas características e comportamentos da madeira, como a homogeneidade das propriedades mecânicas, estabilidade dimensional e fácil trabalhabilidade. (KOCH,1972; KOLLMAN; COTÊ, 1968).

Com relação à qualidade da madeira, a proporção entre os lenhos tardio e inicial determina uma estreita relação com a massa específica e propriedades de resistência. (KRAMBEK; SIMÃO, 2003).



Pezzutti (2011) ao estudar os efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L., chegou à conclusão que a poda não afeta significativamente a densidade da madeira e a porcentagem de lenho tardio ao nível do Diâmetro à Altura do Peito - DAP. Já, o peso do desbaste, afeta de forma importante a porcentagem do lenho tardio de forma que desbastes mais pesados proporcionam maior percentual de lenho inicial nas árvores.

Com relação à proporção de anéis e à densidade da madeira, a NBR 7190/1997, faz uma relação entre classificação estrutural da madeira e número e proporção de anéis na seção transversal dos corpos de prova. Ela expressa como é classificada a madeira estrutural:

A condição de madeira de primeira categoria somente pode ser admitida se todas as peças estruturais forem classificadas como isentas de defeitos, por meio de método visual normalizado, e também submetido a uma classificação mecânica, que garanta a homogeneidade da rigidez das peças que compõem o lote de madeira a ser empregado. Não se permite classificar as madeiras como de primeira categoria, apenas por meio de método visual de classificação. (NBR7190/1997, p.17):

Esta mesma norma sugere no Anexo G uma classificação com base em atributos visuais, de serrados de coníferas para uso estrutural. O anexo define quatro classes estruturais, a classe estrutural especial (SE) e as classes estruturais N° 1 (S1), N°2 (S2), N°3 (S3).

A madeira é classificada como densa quando apresenta seis ou mais anéis anuais e mais de um terço da área transversal do corpo-de-prova composto por lenho outonal, ver QUADRO 1.1. Em caso de dúvida, a classificação se dará sempre pelo primeiro critério citado. (NBR 7190/1997).

QUADRO 1.1 - CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE MADEIRAS PARA EFEITOS ESTRUTURAIS

CLASSE	Nº de anéis /polegada	Proporção do lenho outonal
Densa	$\geq 6$	$\geq 1/3$
	$\geq 4$	$> 1/2$
Não Densa	$\geq 4$	$> 1/7$
Não Estrutural	Não atende aos requisitos	

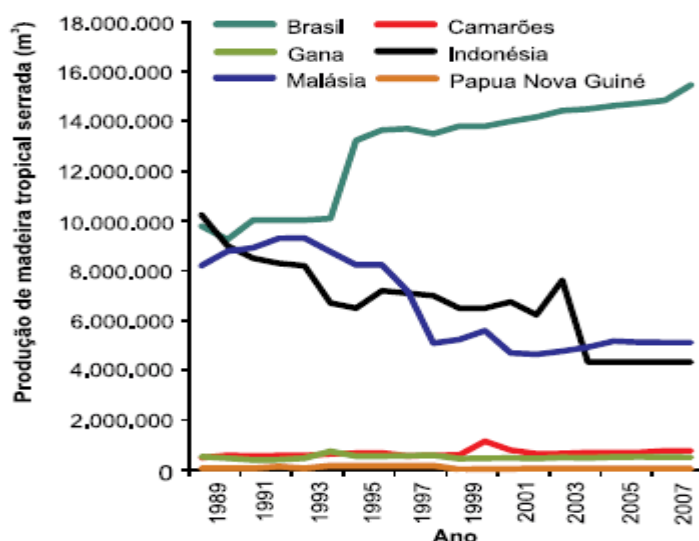
FONTE: ABNT NBR 7190/1997 (2003).

#### 1.4.4 Exaustão de Madeira de Florestas Tropicais e seus Substitutos

Ao lado da Malásia, a Amazônia brasileira é uma das regiões de maior produção de madeira tropical do mundo. No entanto, a Malásia tem seguido sistemas de manejo não sustentáveis, e caminha para o esgotamento dos recursos florestais. Este comportamento tende a elevar a pressão sobre a produção de produtos de madeiras tropicais no Brasil. Há uma forte pressão no mercado pelo aumento da demanda por madeiras tropicais e este fato pode levar à exaustão da cobertura florestal brasileira e no mundo. (SILVA; SILVA; CORDEIRO, 2012).

A FIGURA 1.2 expressa a produção histórica de madeira tropical, segundo dados da FAO (2010).

FIGURA. 1.2 - SÉRIE HISTÓRICA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA TROPICAL SERRADA (M³) NO BRASIL, CAMARÕES, GANA, INDONÉSIA, MALÁSIA E PAPUA NOVA GUINÉ.



FONTE: FAO (2010)

Segundo esta avaliação da FAO (2010), o Brasil tem aumentado suas exportações de madeira tropical, à medida que os demais países produtores têm esgotado seus recursos e diminuído sua participação no mercado mundial.

As áreas de exploração florestal de Papua Nova Guiné e Camarões juntas são menores em um terço em relação ao Estado do Amazonas, sendo este apenas um dos estados que compõem a Amazônia Legal Brasileira. Isto denota que apesar de fazerem parte do mercado internacional de madeiras tropicais, ambas as nações

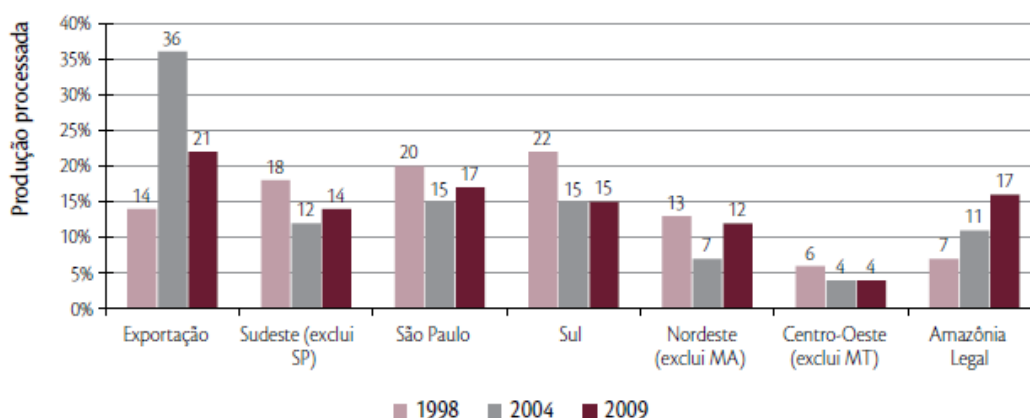
terão no futuro restrições territoriais e de oferta na participação do mercado de madeiras duras. (SILVA; SILVA; CORDEIRO, 2012).

O Relatório Técnico: Florestas Nativas de Produção Brasileira, do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM afirma que as florestas nativas no Brasil correspondem a 34% da área total do país e em especial as florestas públicas (sujeitas a manejo florestal) recebem pouca atenção dos governos. (SAE, 2011). Estima-se que a comercialização de madeira de fontes ilegais na Amazônia beiraram a 4,7 milhões de m<sup>3</sup> em 2009. (PEREIRA et al. 2010). Depois desta data, houve um aumento da demanda por produtos florestais e estima-se que esse número pode ser no mínimo o dobro – quase 10 milhões de m<sup>3</sup> de madeira por ano. (SAE, 2011).

Apesar do volume crescente nas exportações, grande parte da madeira nativa da Amazônia destina-se ao mercado interno. Em 2009, apenas 21% do volume total explorado foi direcionado às exportações, enquanto que 79% foi direcionado ao mercado interno, especialmente para atender a demanda do setor de construção civil. (PEREIRA et al., 2010).

A FIGURA 1.3 ilustra a demanda dos mercados de madeira nativa da Amazônia no período de 1998 a 2009.

FIGURA 1.3 - MERCADOS DE MADEIRA NATIVA DA AMAZONIA (1998 A 2009)



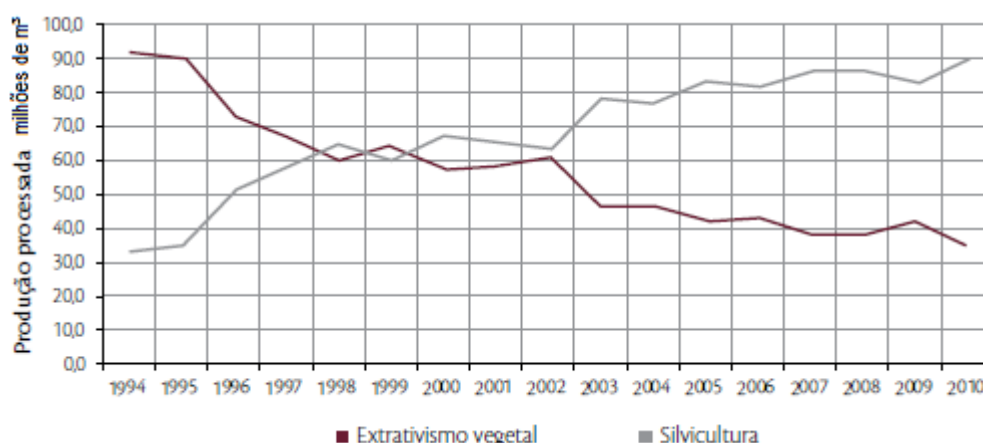
FONTE: PEREIRA et al. (2010)

Percebe-se na FIGURA 1.3 que se incluirmos à estatística os números de São Paulo à região sudeste, esta é a região de maior consumo de madeiras duras da Amazônia Legal.

Esta demanda interna por madeiras tropicais, ocorre especialmente na construção civil, sendo utilizadas em estruturas de cobertura, esquadrias, portas e janelas, forros e pisos. Segundo Sobral (2002) já em 2001 do total de madeira serrada amazônica – 1.783.000m<sup>3</sup> consumida na construção civil nacional, 50% foi utilizada em estruturas de cobertura, 13% em forros, pisos e esquadrias, 4% em casas pré-fabricadas.

Diante deste cenário, para atender toda a demanda de madeiras em toras no Brasil, tem se configurado uma mudança na produção florestal brasileira com o progressivo decréscimo da produção madeireira vinda do extrativismo e o crescimento da produção advinda da silvicultura, como pode ser visualizado na FIGURA 1.4:

FIGURA 1.4 – PRODUÇÃO MADEIREIRA NO BRASIL POR EXTRATIVISMO E REFLORESTAMENTO ENTRE 1994 e 2010.



FONTE: IBGE (2010)

As pressões dos ambientalistas e o aumento da fiscalização também proporcionaram a redução do extrativismo. Acentuando esta tendência, a população tem criado uma consciência ambiental e procurado alternativas aos produtos sem origem conhecida.

Surgiu na década de 1990 um tipo de consumidor que passou a repensar seus hábitos de consumo e os impactos que estes hábitos impõem à natureza. Este novo consumidor foi denominado consumidor ecologicamente correto (ou verde) e seu comportamento de compra, consumo sustentável. (BEDANTE, 2004).

O debate a respeito da substituição de produtos oriundos de florestas nativas por produtos de florestas plantadas vem ganhando espaço à medida que nos

reflorestamentos as árvores plantadas são cultivadas em áreas apropriadas, com insumos de alta qualidade, e posteriormente abatidas para uso estritamente industrial. Os plantios de florestas puras estão baseados em planos de manejo florestal sustentável, que têm como objetivos: reduzir os impactos ambientais, promover o desenvolvimento econômico e social das regiões onde estão instalados. Não há dúvidas de que as florestas plantadas atendem às demandas da sociedade, reduzindo a pressão sobre as florestas nativas. (BRACELPA, 2012).

Hoje há uma forte tendência de que as pessoas consumam produtos a partir de princípios de sustentabilidade e da conservação do meio ambiente. Além disso, as pessoas têm agido e pensado em termos sustentáveis. (BEDANTE, 2004).

Santos et al. (2014) em um estudo sobre o consumo de madeiras tropicais e exóticas na Microrregião de Florianópolis – SC, chegaram à conclusão que existe uma forte tendência à redução do consumo de madeiras tropicais e a devida substituição por madeira advinda de reflorestamento de madeiras exóticas.

Coelho e Emerenciano (2009) abordam no estudo sobre a indústria moveleira de São Bento do Sul – SC, que já nas décadas de 1950 a 1970, os industriais perceberam que as dificuldades de fornecimento de matéria-prima de toras do centro-oeste e norte do país seriam cada vez maiores, devido principalmente à escassez, distancia das fontes e crescimento contínuo dos custos, e, investiram em reflorestamento de espécies exóticas como produto substituto à matéria-prima de toras nativas.

Diante destas evidências é preciso que o setor florestal brasileiro evolua definitivamente da cultura extrativista para a cultura estruturalista.

#### 1.4.5 Síntese da Pesquisa

A presente pesquisa foi norteada a partir da hipótese levantada no seu projeto: É possível a partir da demanda do mercado de madeira serrada e laminada de *Pinus taeda* L. estabelecer regimes de manejo florestal que produzam madeira com qualidade superior às encontradas hoje, e propriedades mecânicas incrementadas pela distribuição homogênea dos anéis anuais, ampliando seu uso, considerando ainda a máxima capacidade produtiva do sítio.

Para responder a esta hipótese, a pesquisa tem uma estrutura sistêmica ou organicista, baseada em capítulos que abordam várias áreas da engenharia

florestal. Aborda aspectos silviculturais, de manejo, de comercialização, de qualidade do produto final e das demandas do consumidor.

Foram levantados dados sobre a máxima capacidade produtiva do sítio, diferentes ciclos de produção, pesos de desbastes, estudos de viabilidade econômica da produção e simulações de propriedades mecânicas da madeira.

Apesar de todas estas informações já serem fartamente discutidas nos meios acadêmicos, a presente pesquisa faz, ao final, o caminho inverso dos ciclos de produção e comercialização hoje presentes nas cadeias produtivas de florestas plantadas no Brasil, propondo o regime de manejo mais adequado a uma determinada demanda. Portanto, é uma abordagem não segmentada do conhecimento, baseada no foco principal da produção que é a demanda do consumidor final, este, objetivo principal de todo conhecimento gerado na área florestal e todo o capital investido na produção.

Para a pesquisa foi necessário inicialmente localizar povoamentos que tivessem a característica de estarem sob densidade completa ao longo da maior parte do seu ciclo de produção, e com várias intervenções.

Uma vez localizados povoamentos de *Pinus taeda* L. com estas características no Distrito de Ouro Verde no município de Sengés, Paraná, foram levantadas todas as informações que pudessem caracterizar a densidade completa, através do estudo de crescimento e produção de árvores individuais, curvas de INCREMENTO CORRENTE ANUAL - ICA e INCREMENTO MÉDIO ANUAL - IMA e a característica principal: assintose da produção.

Estas informações serviram de base para a presente pesquisa.

Foi ainda levantado mais um conjunto de dados de povoamentos daquela região para constituir uma amostra que visou à construção da Equação de Reineck para aquele sítio. Esta informação permitiu a reconstituição do peso dos desbastes e o número de árvores remanescentes de cada tratamento estudado.

Com base nas informações do estudo de crescimento e produção e dos resultados da aplicação da Equação de Reineke, foi possível propor intervenções intermediárias aos desbastes efetivamente aplicados nos tratamentos, com o objetivo de melhorar a distribuição dos anéis de crescimento, sem que o lenho tivesse a configuração de anéis bem espaçados ou anéis acumulados.

Alimentando o Simulador de Produção da EMBRAPA Florestas: Sis Pinus com os dados levantados de densidade inicial de plantio, qualidade do povoamento,

mortalidade inicial, peso e turno de cada desbaste e índice de sítio da região, foi possível simular a produção, segundo cada desbaste e a produção ao final do ciclo.

Foram levantados os custos de produção de povoamentos, a implantação, manutenções, tratamentos silviculturais: podas e desbastes, e corte raso para cada tratamento e feito o estudo de viabilidade econômica.

O estudo da viabilidade econômica foi sucedido pela análise de sensibilidade.

Para analisar se com a densificação dos anéis anuais ao longo de peças de madeiras tornaria possível melhorar suas características mecânicas, foi realizado uma série de ensaios para identificar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus taeda* L, considerando então a variação do número de anéis por corpo-de-prova.

Foram feitos ensaios de compressão paralela à grã, tração paralela à grã, flexão em madeira maciça, tração normal à grã, cisalhamento, sempre segundo a NBR7190 de agosto de 1997 – Projeto de Estruturas de Madeira, por se tratar de uma norma nacional indicada para projetos de estruturas de madeira.

Do total de ensaios, foram utilizados para a presente pesquisa, os resultados do ensaio de Compressão Paralela à Grã e Flexão em Madeira Maciça por se tratar das informações mais relevantes em projetos estruturais.

Do rol de informações levantadas nos ensaios do Módulo de Elasticidade e Módulo de Ruptura, foi possível constituir amostras para a estimativa destas duas variáveis segundo equações de regressão linear.

Considerando então, as características de número de anéis anuais por peça e massa específica, foi possível estimar o comportamento da resistência e da rigidez em situações de Compressão Paralela à Grã e Flexão em madeira maciça.

Através da NBR 7203/1982 – Nomenclatura das Peças de Madeira Serrada e/ou Beneficiada foi levantada a nomenclatura oficial de peças de madeira serrada no Brasil, e calculado o MOE e MOR de cada peça com suas propriedades mecânicas incrementadas pela simulação do manejo florestal.

As equações ajustadas para a base de dados propiciaram que mediante as informações das variáveis número de anéis anuais e massa específica, foi possível estimar antecipadamente o MOE e MOR para Compressão Paralela à Grã e Flexão em peças de madeira maciça.

Foi possível estabelecer o preço de venda destas madeiras segundo suas características físicas e mecânicas, já que são madeiras com qualidade superior se comparada com a madeira de *Pinus taeda* L. encontrada no mercado hoje.

Finalmente foram feitas simulações de manejo florestal a partir das necessidades do consumidor, ou seja, atender a proposta da pesquisa: estabelecer o regime de manejo para produzir a madeira que venha atender determinada demanda, invertendo a lógica de mercado que predomina hoje.

#### 1.4.6 Caracterização da Pesquisa

O estudo se desenvolveu sob o enfoque quantitativo, pois utiliza a coleta e análise de dados para responder às questões da pesquisa e se baseia em contagem numérica e aferição estatística para estabelecer as conclusões.

O modelo adotado foi o modelo experimental, pois foram manipuladas as variáveis de crescimento diamétrico (variável independente) sob a influência do regime de desbaste e feita análise dentro de uma situação de controle.

O tipo de amostra foi probabilística, pois os elementos da amostra foram selecionados aleatoriamente e todos eles possuíam probabilidade conhecida de serem escolhidos. Com os elementos foram realizadas estimativas de variáveis da população. A população objeto da pesquisa foi povoamentos de *Pinus taeda* L. com idades variadas.

#### 1.4.7 Caracterização da Área do Estudo

A área em estudo é de propriedade da empresa CENTAURUS HOLDING S.A. e administrada pela empresa VALE DO CORISCO.

Está situada no município de Sengés, Paraná. Localiza-se a uma latitude 26° 06' 46" sul e a uma longitude 49° 27' 50" a oeste, estando a 623 m de altitude.

Segundo a Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais (IBGE,2013) Sengés faz parte da Meso Região Centro Oriental Paranaense, Microrregião Jaguariaíva. Os municípios limítrofes são ao Norte: São José da Boa Vista, Sul: Doutor Ulisses, Leste: Itararé, SP e Oeste Jaguariaíva (Figura 1.6). Sua área é de 1.367 Km<sup>2</sup>, representando 0,6857% do estado.



FIGURA 1.5 : LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – MUNICÍPIO DE SENGÉS, DISTRITO OURO VERDE / PARANÁ



FONTE: [www.maps.google.com.br](http://www.maps.google.com.br)

Segundo a Classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical quente-temperado, com média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio, inferior a 18°C, sem estação seca definida, com verão brando e inverno com geadas severas freqüentes. (MAACK, 1981).

A vegetação original é a chamada campos cerrados, compostos por campos limpos entremeados por arbustos. O solo da região é predominantemente argilo-arenoso, bem drenado. (LINSINGEN, 2006).

Do ponto de vista da formação geomorfológica, a área do estudo faz parte do Planalto Jaguariaíva que compreende a porção central da microrregião de leste a oeste. A tipologia de solos predominante é formação de Cambissolo e Latosso. (FIGUEIREDO et al., 2013).

A principal atividade econômica na região é a produção de madeira a partir de reflorestamento de *Pinus*. (IBGE, 2014).

Os povoamentos abordados no estudo de regimes de manejo diferenciados, formam uma área onde os desbastes ou estavam atrasados ou sequer tinham sido realizados. Esta área tem topografia acidentada com relevo ondulado, o que compõe

uma condição de difícil acesso para as operações de colheita. São povoamentos de *Pinus taeda* com até 36 anos de idade. Para cada tratamento foram mensuradas 7 unidades amostrais de forma retangular com 1.000 m<sup>2</sup> cada (25m x 40m) uma vez que a densidade é bastante baixa. Foram medidas todas as circunferências à altura do peito das árvores das unidades amostrais e posteriormente calculados os DAP's.

Feito o inventário, foram agrupados os dados de diâmetro por regime de desbaste e por repetição em classes diamétricas e calculados as árvores centro de classe com base no diâmetro médio quadrático.

Uma vez feito isso, foram coletados rolos de incremento das árvores centro de classe diamétrica através do Trado de Presller.

Para a caracterização do estudo foram então considerados uma área com 30 anos e quatro desbastes; uma área com 32 anos e três desbastes e uma área com 36 anos com dois desbastes. Os QUADROS 1.2, 1.3 e 1.4 mostram os detalhes de cada povoamento. As idades dos desbastes foram levantadas pelos anéis de crescimento nos rolos de incremento.

QUADRO 1.2: REGIME DE MANEJO EMPOVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 30 ANOS E 4 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR

TRATAMENTO 1 – 30 ANOS / 4 DESBASTES					
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	Corte Raso
Idade	8	13	18	25	30
DAP MÉDIO	26,4	33,7	41,1	44,1	47,1

FONTE: O autor (2010)

QUADRO 1.3: REGIME DE MANEJO EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 32 ANOS E 3 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR

TRATAMENTO 2 – 32 ANOS / 3 DESBASTES				
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	11	22	28	32
DAP MÉDIO (cm)	38,4	54,4	59,1	62,2

FONTE: O autor (2010)

QUADRO 1.4: REGIME DE MANEJO EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 36 ANOS E 2 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR

TRATAMENTO 3 – 36 ANOS / 2 DESBASTES			
Intervenção	1° Desb	2° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	11	25	36
DAP MÉDIO (cm)	26,4	41,1	47,1

FONTE: O autor (2010)

Para o ajuste da Equação de Reineke, foram usados dados de desbastes pré-corte na mesma região de coleta dos dados dos regimes de manejo diferenciados. Os dados de inventário pré-corte são de povoamentos nas idades de 7, 8, 14, 15 e 20 anos, respectivamente com 1 e 2 desbastes e o corte raso.

## REFERENCIAS

III Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal. **Anais**. Viçosa. SIF; UFV, Dpto. de Engenharia Florestal, 1999

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). **Relatório Estatístico 2012/2013**. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/>> Acesso em: 28 fev. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: projeto de estrutura de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto CE-02:126.10**. Revisão: projeto de estruturas de madeira: anexo G: classificação visual de madeira serrada de coníferas. Rio de Janeiro, 2003. 15 p.

BRAND, M. A. **Rendimento do processo produtivo e energético da matéria-prima de uma indústria de base florestal**. 220 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2000.

BRAND, M. A.; SIMIONI, F. J.; ROTTA, D. N. H.; VICARI, N.; CAMARDO, H. B. de. **Qualidade da madeira das espécies do gênero *Pinus* plantadas na região de Amures (propriedades físicas)**. Lages: UNIPLAC, 2000

BARRICHELO, L. E. G; KAGEYAMA, P. Y; SPELTZ, R. M.; BONISH, H. J.; BRITO, J. O.; FERREIRA, M. Estudos de procedências de *Pinus taeda* visando seu aproveitamento industrial. **IPEF**, n. 15, p. 1-14, 1977

BEDANTE, G. N. **A influência da consciência ambiental e das atitudes em relação ao consumo sustentável na intenção de compra de produtos ecologicamente embalados**. 187 f. Dissertação (Mestrado em Administração) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004

DELMENEZZI, C. H. S. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1999

DEMING, W. E. - **A System of Profound knowledge - in The New Philosophy for K-12 education** – A Deming Framework for Transforming America's Schools , ASQC Quality Press, 1.<sup>a</sup> ed., Milwaukee, Wisconsin, 1990

DINWOODIE, J. M. **Growth stresses in timber: a review of literature**. Forestry, London, v. 39, n. 2, p.162-170, 1966

FAO. Food and Agriculture Organization. **Tropical Wood**. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 10 abr. 2010.

FERRAND, J. C. Growth stresses and silviculture of eucalypts. **Australian Forest Research**, Canberra, v. 13, n. 1, p. 75-81, 1983

GUIMARÃES, E. A. **Acumulação e crescimento da firma**: um estudo organização industrial. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987

HIGUCHI, N. *et al.* O Mercado Internacional de Madeira Tropical está à beira do Colapso. **SBPN Scientific Journal**. n. 1 e 2; p 33 – 41, 2006

HOSOKAWA, R. T.; MENDES, J. B. ; Técnicas para a Manutenção da Contribuição do Setor Florestal à Economia Nacional. **Floresta**, vol 15, n.12, 1984

HOSOKAWA, R. T. Evolução Científica e Tecnológica do Manejo de Florestas Equianeeas. In III Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal. **Anais**. Viçosa. SIF; UFV, Dpto. de Engenharia Florestal, 1999

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Editora UFPR, 2008. 162 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA de ÁRVORES - IBÁ. CENARIOS IBÁ. Disponível em < <http://www.iba.org/pt/>> Acesso em 03 jun. 2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 mai. 2013.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION – ITTO. **Atualização dos critérios para a avaliação de manejo sustentado de florestas tropicais**. Yokohama: ITTO, 1998. 22p. (Série Política de Desenvolvimento, 7).

KOCH, P. **Utilization of the Southern pines**. Madison: USDA, Forest Service Agricultural. Handbook, 1972, 420 p.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ JR. , W.A **Principles of wood science and technology**. Berlin, Springer, 1968. 2v.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr e Golf**. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

KRAMBECK, L. B. P.; SIMÃO, R. L. . **Características da madeira de espécies do gênero *pinus*, potenciais para o uso na indústria madeireira na região sul do Brasil**. Disponível em: <<http://www.solumad.com.br/>> Acesso em: 22 abr. 2015

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 185 p.

LARSON, P. R. Evaluating the environment of studies of the inheritance of wood properties. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST AND TREE IMPORVEMENT, 1., 1963, Stockolm. **Proceedings...** Rome: FAO, 1963. p.1-6.

LARSON, P. R. **Wood Formation and the concept of wood quality**. New Haven: Yale University: School of Forestry, 1969. 53 p. (Bulletin, 74).

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: Imazon 110p. 2003.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. **A expansão madeireira na Amazônia**. O Estado da Amazônia, n. 02. 4p. 2005.

LISBOA, C.D.J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden**. 275 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993

LINSINGEN, L. Composição Florística do Parque Estadual do Cerrado de Jaguariaíva, Paraná, Brasil, 2006. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/acta/article/viewPDFInterstitial/6866/4875>. Acesso em: 30/11/2012.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Paraná, 1981. 450 p.

MARCHIORI, J. N. D. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1996. 158 p

OLIVEIRA, E. B. **Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de Pinus taeda L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. 134 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 1995.

OLIVEIRA, F. L.; LIMA J. N., GARCIA, J. N., FLORSHEIM, S. M. B. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, p. 59-70, 2006.

PEREIRA, J. C. D.; TOMASELLI, I. Influência do Desbaste na Qualidade da Madeira de *Pinus elliottii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 61-81, jul./dez.2004.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia** 2010. Belém: Imazon 124p. 2010.

PEREIRA, D.; LENTINI, M. Guia SAMFLOR: Sistema de Apoio ao Manejo Florestal. Belém: **Imazon**, 2010. 68 p.

PEZZUTTI, R. V. **Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de Pinus taeda L. no nordeste argentino**. 213 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2011

SANTOS, A.S.; SILVA, F.A.P.R.C.; SIMONETTI, R.A.; ROBERT, R.C.G.; FANTINI, A.C.; Panorama do Comércio de Madeira Serrada na Microrregião Geográfica de Florianópolis-SC **Floresta e Ambiente** 2014; 21(1):19-29

SCHNEIDER, P. R.; HOPPE, J. M.; FARIAS J. A.; FINGER, C. A. G. ; SCHNEIDER, P. S. P. Influência do espaçamento no crescimento em diâmetro em

área basal de *Eucalyptus grandis*, em Rio Pardo, Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p. 35-41.

RALL, R. **Influência das Características dos Anéis de Crescimento na Densidade, Resistência e Rigidez da Madeira de *Pinus taeda* L.** 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agronômicas. Campus de Botucatu. 2006

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Notas Técnicas Sae. Número 1. Junho 2014. **Florestas Plantadas: Base para a Política Nacional**. Disponível em <<http://www.sae.gov.br>> Acesso em: 23 jul. 2015

SCHULTZ, J. P. Lobloly pine. Ecology and culture of Lobloly pine. *Pinus taeda* L. **Agricultural Hand Book** 713. USDA, Forest Service. New Orleans. 1997.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 223 p.

SILVA, F.; SILVA, M. L.; CORDEIRO, S. A.; Análise do mercado mundial de madeiras tropicais. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXI. n3. Jul./Ago./Set. 2012

SOBRAL, L.; VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; AZEVEDO, T.; SMERALDI, R. Acertando o Alvo 2: Consumo de Madeira Amazônica e Certificação Florestal no Estado de São Paulo. Belém: **Imazon**, 2002.

SPONHOLZ, I. K.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; OLIVEIRA, E. B. Espacialização da produção florestal por sortimento de madeira. Pesquisa Florestal Brasileira **Brazilian Journal of Forestry Research** Disponível em. <[www.cnpf.embrapa.br/pfb](http://www.cnpf.embrapa.br/pfb)> . Acesso em 15 abr. 2013

URIARTT, A. A. A madeira como material de construção. In: FALCÃO BAUER, L. A. **Materiais de construção**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. v. 2, cap. 17, p. 437-525

USDA **The Southern Pines: An American Wood United States**. Department of Agriculture FS-256 11p. 1985.

VALERI, S. V.; SOARES R. V. e MONTEIRO, R. F. R. Exportação de biomassa de povoamentos de *Pinus taeda* L. desbastados em diferentes idades. **Floresta**, v.19, n.1-2, p. 23-29, 1989.

## **2 SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L.**



## 2.1 INTRODUÇÃO

Os regimes de manejo florestal no Brasil, classificam-se basicamente em: *Pulpwood* e *Utilitywood*. O Regime de Manejo Florestal *Pulpwood*, baseia-se na formação de florestas com o objetivo da produção massiva de madeira, no menor espaço de tempo.

No Regime de Manejo Florestal *Utilitywood* ocorre a produção de madeira com características de utilização, ou seja, a produção de madeira para vários fins. Isto leva a crer que este Regime de Manejo preconiza métodos e práticas que levem a produtos diferenciados, o que na maioria dos casos não é verdade. Na realidade brasileira, o que tem se mostrado no comportamento de mercado, é a produção simplesmente de madeira de diferentes bitolas.

Apesar de apresentar característica multiprodutos, a madeira produzida sob este regime de manejo, especificamente de *Pinus taeda* L., não alcançou um nível de qualidade que se assemelhasse a outra conífera bastante utilizada: *Araucaria angustifolia*, no aspecto de capacidade estrutural.

Das espécies folhosas produzidas em larga escala no sul do Brasil, apenas o Eucalipto poderia atender esta demanda da construção civil, mas é limitada na questão da sua instabilidade dimensional pela liberação das fortes tensões internas nas toras após o corte.

Um caminho para solucionar esta questão, tão importante, considerando a tradição madeireira de uso de coníferas no sul do Brasil, é a possibilidade de criar regimes de manejo em povoamentos de *Pinus taeda* L., que propiciem a produção de madeira de alta qualidade e maior capacidade estrutural.

Esta espécie está fortemente ligada às cadeias produtivas no país, tem características que poderiam ser melhoradas ao ponto de se assemelhar à *Araucaria angustifolia*, espécie largamente utilizada pela indústria madeireira no passado.

Neste capítulo são propostos três diferentes regimes de manejo que têm como propósito a densificação dos anéis de crescimento, melhorando as características da madeira desta espécie.

## 2.2 OBJETIVOS

Foram estabelecidos os objetivos para a consecução do presente estudo.

### 2.2.1 Objetivo Geral

A partir de dados de três diferentes regimes de manejo em povoamentos de *Pinus taeda* L. sob densidade completa e da Equação de Reineke ajustada, propor novos regimes de manejo para a povoamentos de *Pinus taeda* L. visando à distribuição homogênea dos anéis de crescimento.

### 2.2.1 Objetivos Específicos

- a. Ajustar estatisticamente, a Equação de Reineke, a partir dos dados levantados em inventários florestais pré-corte na região do estudo;
- b. Estimar a partir da Equação de Reineke, o diâmetro médio quadrático, peso dos desbastes e número de árvores remanescentes em três povoamentos de *Pinus taeda* L. sob diferentes regimes de manejo;
- c. Propor alterações no ciclo dos desbastes para atender o objetivo de estabelecer uma distribuição homogênea nos anéis de crescimento.

## 2.3 REVISAO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica dá o embasamento teórico para as discussões sobre o estudo em questão.

### 2.3.1 Crescimento e Produção

Campos e Leite (2009) definem crescimento como o potencial de produção de madeira em um determinado local para determinada espécie. O crescimento pode ser analisado de forma empírica ou através de algum índice quantitativo para aquele determinado local, ou ainda, é o processo de mudanças no tamanho e forma do fuste, e produção como a quantidade acumulada do volume, ou outra variável ao longo do tempo.

Scolforo (1993) define crescimento como o alongamento e o engrossamento das raízes, troncos e galhos, determinando maior peso, volume e alterando a forma da árvore, e, expressa o mais importante fenômeno da floresta.

No estudo do crescimento é necessário definir diferentes termos: o crescimento refere-se à alteração na dimensão de uma variável de interesse de uma árvore. A diferença na dimensão entre duas medições é o incremento. (KOEHLER, 2009).

O incremento se refere a esta mudança nas dimensões em função de um período de tempo; para tanto são necessárias medições sucessivas. (KOEHLER, 2009). Dela se derivam o INCREMENTO CORRENTE ANUAL (ICA), que expressa o crescimento no período de um ano. O INCREMENTO MÉDIO ANUAL, que expressa o crescimento médio anual num período de tempo (IMA), o INCREMENTO PERIÓDICO (IP), que indica o crescimento corrente num determinado período, e, o INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL, que indica o crescimento médio anual no período analisado. (CAMPOS; LEITE, 2009).

O estudo do crescimento de determinadas espécies de árvores, possibilita conhecer o potencial de produção florestal de um sítio e com isto, também a tomada de decisões sob vários aspectos, tanto na produção biológica, como na produção econômica. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

O estudo do crescimento e produção também dá subsídios para a tomada de decisões a respeito do futuro da floresta, de acordo com os objetivos para os quais ela foi plantada. (ABREU, 2000).

O crescimento é dado por uma função matemática ajustada à base de dados e se caracteriza por 4 aspectos: tem forma sigmóide, é assintótica, seu ponto de inflexão expressa o máximo ICA e seu ponto de máxima tangencia indica o máximo IMA. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

Associando às informações geradas em um estudo de crescimento e produção ao planejamento florestal, Mainardi, Schneider e Finger (1996) sugerem que as empresas florestais deveriam periodicamente captar as tendências de mercado e manejar as suas florestas de acordo com as novas necessidades de consumo em quantidade e em qualidade alterando na medida do possível, os regimes de manejo.

Temps (2005) também expressa esta idéia, indicando que o empresariado deve buscar novas técnicas de manejo capazes de fornecer à indústria, madeira *in natura* apropriada aos seus produtos, atendendo às necessidades do mercado em quantidade e qualidade a médio e longo prazos.

Para isto, o planejamento florestal é fundamental, visto que todo o potencial produtivo do sítio deva ser bem ordenado e explorado em sua máxima capacidade. (TEMPS, 2005).

Segundo Acerbi et al. (2002) as empresas do setor florestal precisam realizar o planejamento criterioso da produção, adotando regimes de manejo adequados a cada espécie plantada, adequados a cada sítio, que visem prioritariamente a qualidade do seu produto final.

### 2.3.2 Densidade Completa em Povoamentos

Ao ser implantado um povoamento florestal, as mudas têm espaço tridimensional para o crescimento, farta disponibilidade de energia radiante, água e nutrientes. À medida que os indivíduos crescem, o espaço vital de cada um vai sendo totalmente ocupado, e as suas necessidades de energia radiante, nutrição e de absorção de água aumentam, numa proporção direta com o seu porte. É necessário que haja espaço para crescimento, sob pena da redução progressiva dos incrementos das variáveis dendrométricas. (HILEY, 1959).

À medida que o número de árvores é incompatível com a capacidade produtiva do local, está estabelecida a competição entre as árvores, iniciando o processo de mortalidade natural dos indivíduos e com isso a estabilização da área basal. (SCHNEIDER, et al., 2008).

Em povoamentos puros e equianeos existe uma densidade máxima acima da qual os indivíduos começam a morrer pela alta competição estabelecida, acima da capacidade do sítio. Significa que os fatores de produção – crescimento – estão esgotados para aquele porte e estrutura do povoamento e a capacidade produtiva do sítio está esgotada. Este conjunto de fatores foi denominada Lei do Autodesbaste. (YODA et al., 1963).

À medida que o tempo passa, o povoamento converge para uma densidade fixa, acima da qual, não é possível produção.

A densidade máxima suportada para um determinado povoamento florestal é um fenômeno que independe da idade. (REINEKE, 1933). Portanto, o grau de utilização do potencial produtivo de um sítio é medido em termos de densidade. (SENA, 2011).

Segundo Gingrich (1967) a densidade é uma medida quantitativa em termos de volume, área basal ou número de árvores, que demonstra o número de árvores máximo num determinado local. A densidade completa expressa à medida que prescreve uma determinada densidade ao objetivo de manejo do povoamento e ao potencial do sítio.

Em termos de avaliação da densidade completa considerando a área basal, a área basal máxima em povoamentos não desbastados é o número de árvores com certa dimensão capazes de se manter vivas. Área basal ótima em povoamentos desbastados é aquela onde ocorre o maior incremento periódico em volume. Área basal crítica é quando ocorre 95% do incremento volumétrico ótimo, considerando um período de tempo. (ASSMANN, 1968).

Em termos de avaliação da densidade completa com base em dados de inventário contínuo ou análise de tronco, o crescimento é dado por uma função matemática onde numa determinada idade ocorre o máximo IMA. Nesta idade se configura a máxima produção biológica e portanto ocorre que todos os fatores de produção naquele sítio já foram alocados nos indivíduos. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 1998).

Para o manejo de povoamentos florestais a informação da máxima produção biológica – densidade completa do povoamento – é fundamental, pois descreve a relação entre o número de indivíduos e o diâmetro médio que alcançam. Isto se traduz numa possibilidade de programação da produção em termos de dimensões de produto final da floresta – o diâmetro meta.

### 2.3.3 Desbastes

Em povoamentos equianeos em regime de manejo *Utiyltwood*, é necessário o monitoramento constante dos incrementos das variáveis dendrométricas, do número de indivíduos e da qualidade dos fustes para estabelecer a idade em que o povoamento deve sofrer tratamentos silviculturais, em especial o desbaste (SENA, 2011).

Os desbastes são de fundamental importância para o silvicultor que quer produzir madeira de qualidade, pois ele proporciona o aumento do vigor das árvores remanescentes, pela redução do número de indivíduos e por conseqüência maior disponibilização dos fatores de produção – energia radiante, água e nutrientes, aumento do ciclo de produção e redução do tempo necessário para a produção de madeira de grandes dimensões. (GRUSCHOW; EVANS, 1957).

Para Daniel, Helms e Baker (1979) os desbastes são realizados para alcançar uma série de objetivos: aproveitar as árvores que morreriam naturalmente pelo autodesbaste; melhorar os incrementos diamétricos e volumétricos dos remanescentes; melhoria do valor da produção; a seleção das remanescentes é feita pelo silvicultor e não pelos processos naturais, dando a ele a possibilidade de escolha; os desbastes reduzem o ciclo de produção se o objetivo for produzir madeira de determinado diâmetro; os desbastes determinam um ciclo maior de produção se for baseado no máximo IMA; os desbastes antecipam e periodizam as receitas.

Para Lamprecht (1990), os desbastes devem ser realizados para evitar concorrências recíprocas indesejadas e, depende fundamentalmente da aceleração do crescimento.

No desbaste, os indivíduos remanescentes devem ser aqueles compatíveis com o objetivo da produção. Em geral são as árvores dominantes e co-dominantes. As árvores dominadas e defeituosas devem ser eliminadas. É necessário também

estabelecer uma adequada distribuição espacial das remanescentes, mesmo que alguns indivíduos de melhor qualidade tenham que ser eliminados. (SCHNEIDER et al., 2008).

Com a execução de desbaste o espaço vital para cada árvore é aumentado proporcionando o desenvolvimento equilibrado da copa e do sistema radicular de acordo com a dimensão da árvore. (SCHNEIDER et al., 2008)

Para Monteiro Alves (1982) o desbaste contribui, considerando o crescimento biológico, para dispor às árvores remanescentes, possibilidade de crescimento que antes beneficiava todo o povoamento. Isto resulta em maior espaço tridimensional de crescimento: aéreo, na configuração da copa, e crescimento radial e longitudinal do fuste, e, subterrâneo, no crescimento espacial do sistema radicular.

O espaço para o crescimento das árvores pode produzir efeitos nas propriedades da madeira pelo desenvolvimento da copa e do crescimento radial do fuste. O desbaste libera espaço no povoamento e com a maior incidência de energia solar, as árvores tendem a ampliar suas copas para absorver melhor esta energia radiante. Com maior arquitetura e dimensão das copas produzem mais hormônio auxina, que proporciona crescimento em diâmetro. Este crescimento então, é mais expressivo no lenho inicial, causando a desuniformidade entre os lenhos inicial e tardio, alterando a qualidade da madeira. (LARSON, 1969; PEREIRA; TOMAZELI, 2004).

O crescimento diamétrico sofre influencia também de outros fatores como: qualidade do sitio e idade. (SCHNEIDER, 1993). Assim, em sítios bons há uma rápida reação de crescimento; em povoamentos maduros, a área basal tende a permanecer estável; uma pequena melhora na qualidade do sítio ruim proporcional uma expressiva reação em termos de área basal.

Em sítios bons, as árvores respondem mais rapidamente à melhoria das condições de competição, pela operação do desbaste, aumentando os incrementos. Em sítios ruins esta reação é pouco expressiva resultando em menores incrementos.

À idade também, os desbastes têm forte influência.

Desbastes nas fases juvenil e madura tendem a proporcionar maiores incrementos do que na fase senil das árvores.

Assmann (1968), ao analisar a reação do crescimento de povoamentos equiâneos desbastados, percebeu que as árvores remanescentes aumentavam rapidamente seu incremento em função do melhor aproveitamento dos fatores de

produção do sítio: irradiação solar, água e nutrientes. A este efeito ele deu o nome de Efeito de Aceleração de Crescimento, que é dependente da idade da aplicação do desbaste e do seu peso.

Ainda segundo Assmann (1968) os povoamentos que sofrem desbastes pesados, produzem menor volume do que os que sofrem desbastes leves. No entanto, os desbastes pesados levam a maiores incrementos em diâmetro e área basal e maior conicidade das árvores. Por outro lado, desbastes de peso adequado, aplicados na idade certa permitem melhorar a qualidade da madeira, homogeneizar os sortimentos e aumentar a dimensão das árvores sem levar a perdas significativas de volume.

No mesmo sentido, Lisita et al. (1997) verificaram que em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, a produção foi menor em áreas onde a redução da área basal foi maior. No entanto, quanto maior a redução da área basal, maior foi o incremento nas árvores de maior DAP. Aquele autor concluiu que o peso dos desbastes proporciona diretamente maiores incrementos diamétricos, até certo limite.

Segundo Flotz e Johnston (1967) remoções de 35% a 40% em área basal não influenciaram a taxa de crescimento em volume em povoamento de *Pinus sp.* Reduções maiores que 40% resultaram em declínio acentuado da produção.

Glufke (1996), estudou o limite crítico em *Pinus elliottii* E. Ele concluiu que desbastes de 25%, 50% e 75% da área basal máxima proporcionam redução na produção em 9%, 20% e 54% respectivamente. Desbastes muito pesados nem sempre resultam em expressivos incrementos em volume, já que as árvores nem sempre conseguem utilizar os fatores de produção ambiental em sua totalidade. (BERTOLOTTI, 1983).

Embora muitos autores descrevam o objetivo do desbaste como sendo aquele de antecipar o autodesbaste, o silvicultor na verdade tem o objetivo de manter o conjunto de árvores crescendo livremente sem competição por luz, água e nutrientes. Este conjunto de árvores vai produzir madeira de maior porte e de melhor qualidade. (DIAS, 2000).

#### 2.3.4 Índice de Reineke

Em povoamentos florestais, há uma densidade máxima de indivíduos acima



da qual as árvores começam a morrer, é a Lei do Autodesbaste. (YODA et al., 1963). Esta densidade expressa que a capacidade produtiva do sítio está totalmente utilizada. Mesmo que sejam alocados mais fatores de produção, eles não vão traduzir maior produção, sendo esta densidade a máxima suportada por determinado conjunto de árvores. (REINEKE, 1933).

Para Reineke (1933) há uma relação entre o número de árvores por unidade de área que um povoamento pode suportar para alcançar um diâmetro médio fixado como objetivo. Porém, povoamentos da mesma espécie em sítios diferentes tendem a limites de densidade diferentes, mas a tendência será sempre semelhante. Devido a isto, são gerados índices de densidade do povoamento, com limites paralelos e proporcionais, para diferentes níveis de densidade de árvores por unidade de área.

Ainda Reineke (1933) considera que os parâmetros de uma equação para densidade são independentes da idade e qualidade do sítio, por isto, usa uma equação para estimar a densidade populacional como uma função do diâmetro médio. Ao atingir um determinado número de árvores por unidade de área, a variável dendrométrica DAP e consequentemente o dg (diâmetro médio quadrático) entra em estagnação do crescimento. Esta densidade de árvores define, então, a capacidade máxima produtiva do sítio em diâmetro, independente da idade. (SCHNEIDER, 2008).

#### 2.3.4.1 Equação de Reineke

Segundo Téó, Machado e Silva (2008), o índice de densidade de Reineke apresenta como características: simplicidade, utiliza variáveis de fácil obtenção, não tem correlação com idade, não tem correlação com o sítio, é de fácil aplicabilidade.

A equação de Reineke utiliza a relação entre o número de árvores por unidade de área (N) e o diâmetro médio quadrático (dg).

Para determinar o número de árvores em função do dg, Reineke (1933), propôs uma equação cuja base de dados para o seu ajuste, deve provir de povoamentos sob densidade completa. Nestes povoamentos a relação entre o dg e N é linear em escala logarítmica e pode ser expresso:

$$\text{Log } N = \alpha . \text{Log } Dg + K \quad (1)$$

onde

*Log: logaritmo na base 10*

*N: número de árvores por hectare*

*Dg: diâmetro médio quadrático*

$\alpha$  : *coeficiente da equação*

*K: constante que varia com a espécie*

Segundo Sena (2011) Reineke estimou o coeficiente  $\alpha$  em -1,605 para 12 espécies. Outros autores encontraram: MacKinney e Chaiken (1935),  $\alpha = -1,707$ , para *Pinus taeda*, Maccardle, Meier e Bruce (1961),  $\alpha = -1,54$  para *Pseudotsuga sp.* e Bailey (1972),  $\alpha = -1,58$  para *Pinus radiata*. Em florestas puras de bracatinga, Téó, Machado e Silva (2008) encontraram  $\alpha = -2.173$ .

#### 2.3.4.2 Alteração do Modelo Inicial da Equação:

Segundo Téó (2008), a equação de Reineke (1933) original pode ser readequada para se obter uma menor discrepância nos dados e ser alterada para o seguinte modelo

$$\text{Log } N = \beta_0 + \beta_1 . \text{Log } dg \quad (2)$$

onde:

*Log: logaritmo na base 10;*

*N: Número de árvores por hectare*

*dg: diâmetro médio quadrático;*

$\beta_0$  e  $\beta_1$ : *coeficientes a serem estimados*

Tendo em vista que a constante  $k$  da equação original se refere a uma constante que varia com a espécie, e a constante  $\alpha$  ser fixada em -1,605, ela foi alterada no modelo 2 de forma a podermos definir qual o  $\beta_0$  e  $\beta_1$  através de regressão linear.

#### 2.3.4.3 Identificação de Dados Discrepantes

Um dos aspectos que garante a confiabilidade numa estimativa florestal é assegurar a qualidade do banco de dados. Esta qualidade se dá pela baixa variabilidade dos parâmetros medidos, pela qualidade da medição e a forma de representar a população. (MONTGOMERY, 2004).

Mesmo assim, podem ocorrer variações nos parâmetros mensurados que tornam as estimativas de baixa qualidade. A estas variações podemos chamar de observações atípicas. Observações atípicas são observações com uma combinação única de características identificáveis como sendo notavelmente diferentes das outras observações. (HAIR JUNIOR et al., 2005).

Pode-se optar pela eliminação das observações consideradas atípicas do conjunto de dados, pela melhoria nas estatísticas de ajuste de precisão para um modelo ajustado. (TÉO, 2008).

Para a detecção de observações atípicas, também chamadas *outliers*, pode-se utilizar o modelo matemático proposto por Werkema (1996). O teste considera que os resíduos padronizados ( $d_i$ ) que excederem ao intervalo de +2 e -2 desvios padrão podem ser resultado de observações atípicas. Os resíduos padronizados são definidos por:

$$d_i = \frac{e_i}{\sqrt{QMRES}} \quad (3)$$

onde:

$d_i$ : *resíduo padronizado*;

$e_i$ : *resíduo*;

$QMRES$ : *quadrado médio dos resíduos*.

### 2.3.5 Regressão Linear

A análise de regressão linear simples é uma ferramenta importantíssima para qualquer ciência. Esta técnica vem sendo também utilizada com muita frequência no meio florestal, sendo usualmente empregada com muito sucesso na estimativa de volume de madeira em função do diâmetro e da altura das árvores. (BARROS, 2002). Para a escolha da equação que proporciona a melhor estimativa são calculados os indicadores de ajuste estatístico: Coeficientes de Determinação, Erro Padrão da Estimativa, Teste de F e Gráfico de Resíduos.

#### 2.3.5.1 Coeficiente de Determinação ou Explicação ( $R^2$ )

Segundo Maia (2004), Coeficiente de Determinação é a medida descritiva da qualidade do ajustamento da equação. O objetivo deste indicador é saber se o

modelo está se ajustando aos dados coletados. Em geral o modelo deve ajustar-se aos dados para poder representá-los.

Sanqueta et al. (2009) citam que o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) é uma das grandezas estatísticas que se prestam bem para caracterizar o grau de ajuste da equação de regressão aos dados. É quando a relação entre as variáveis estudadas é explicada pela equação ajustada. Varia de 0 a 1 e quanto mais próximo da unidade for o valor de  $R^2$ , mais precisa e melhor se ajustará a equação. É dada pela expressão:

$$R^2 = 1 - \left( \frac{SQ_{Res}}{SQ_{Total}} \right) \quad (4)$$

onde:

$R^2$ : Coeficiente de Determinação

$SQ_{res}$ : Soma dos Quadrados do Resíduo

$SQ_{total}$ : Soma dos Quadrados Totais

$n$ : número de observações

$p$ : número de coeficientes da equação

O Coeficiente de Determinação Ajustado ( $R^2$  ajustado) é utilizado devido à necessidade de comparar equações com diferentes números de coeficientes, assim, não importa o número de coeficientes, a comparação é válida. É dado pela expressão:

$$R^2_{ajustado} = 1 - \left( \frac{(n-1)}{(n-p)} \right) \left( \frac{SQ_{Res}}{SQ_{Total}} \right) \quad (5)$$

onde:

$R^2_{ajustado}$ : Coeficiente de Determinação Ajustado

$SQ_{res}$ : Soma dos Quadrados do Resíduo

$SQ_{total}$ : Soma dos Quadrados Totais

$n$ : número de observações

$p$ : número de coeficientes da equação

#### 2.3.5.2 Erro Padrão da Estimativa

Segundo Barros et al. (2002) o erro padrão da estimativa ( $S_{xy}$ ) é uma estatística muito usada para o julgamento do desempenho de ajuste de equações de regressão, sendo desejável que se obtenha o menor valor. Ela expressa um

intervalo de predição para a variável dependente, dado um valor específico da variável independente. É dado pela expressão:

$$S_{xy} = \frac{\sqrt{\sum(y_{real} - y_{estimado})^2}}{(n-p)} \quad (6)$$

onde:

$S_{xy}$ : Erro Padrão da Estimativa

$y_{real}$ : valores reais da variável dependente

$y_{estimado}$ : valores estimados da variável independente

$n$  : número de observações

$p$ : número de coeficientes da equação

Erro padrão da estimativa relativo ( $S_{xy}\%$ ): é o erro expressado em porcentagem. A equação será melhor ajustada quanto mais baixo for o seu valor. O seu cálculo se dá por:

$$S_{xy}\% = \frac{S_{xy}}{\bar{y}_{real}} \cdot 100 \quad (7)$$

sendo:

$S_{xy}\%$ : Erro Padrão da Estimativa em %

$S_{xy}$ : Erro Padrão da Estimativa

$\bar{y}_{real}$ : média aritmética dos valores reais da variável dependente

### 2.3.5.3 Análise do Gráfico de Resíduos

Segundo Barros (2002) mesmo que todos os estimadores de ajuste sejam bons indicadores para a escolha do melhor modelo, a análise gráfica de resíduos é decisiva, pois permite detectar se há ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo de toda linha de regressão, se os resíduos são independentes e se há homogeneidade de variância.

Conforme Bussab e Morettin (2002), a análise de resíduos consiste em estudar o comportamento do modelo usando o conjunto de dados observados, notadamente as discrepâncias entre os valores observados e os valores ajustados pelo modelo. O resíduo é expresso pela diferença entre os valores reais observados e valores estimados pela equação:

$$\hat{e}_i = y_i - \hat{y}_i \quad (8)$$

sendo:

$\hat{e}_i$ : *i-ésimo resíduo;*

$y_i$ : *i-ésimo valor real observado;*

$\hat{y}_i$ : *i-ésimo valor estimado pela equação ajustada.*

#### 2.3.5.4 Visão geral sobre a interpretação dos Indicadores de Ajuste

Scolforo (1993) cita que a seleção de modelos é realizada através da análise do Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ), Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx\%}$ ), F calculado e Gráfico de Resíduos, onde os resultados desejáveis são respectivamente: a) Gráfico de resíduos: uma distribuição homogênea ao longo do eixo que representa a equação, como uma nuvem de pontos que orbita esse eixo; b) Erro padrão da estimativa ( $S_{xy\%}$ ): menor possível; c) Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ): maior possível; d) F calculado: o mais distante possível do F tabelar.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

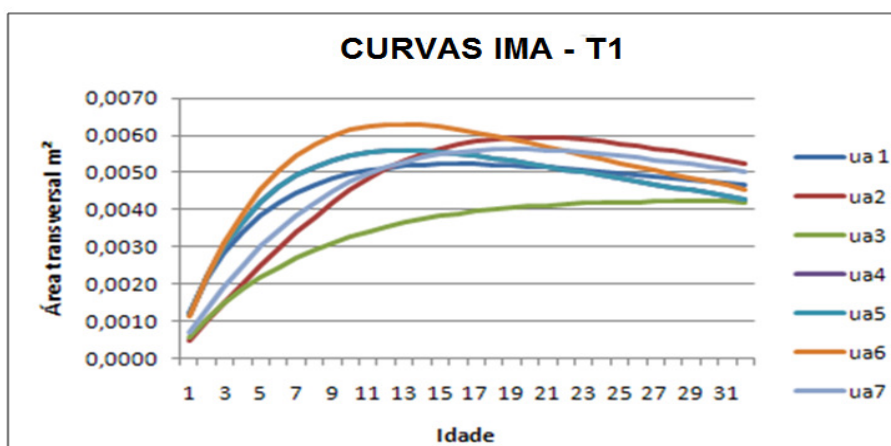
Abaixo são descritos os materiais utilizados para a pesquisa e a metodologia.

### 2.4.1 Banco de Dados

A presente pesquisa teve como banco de dados, a Dissertação de Mestrado do autor (COELHO, 2010) que inventariou três povoamentos de *Pinus taeda* L. sob densidade completa, com as características: Tratamento 1: 30 anos com quatro desbastes, Tratamento 2: 32 anos com 3 desbastes e Tratamento 3: 36 anos com dois desbastes, localizados no Distrito Ouro Verde, Município de Sengés, Paraná, de propriedade da empresa VALE DO CORISCO.

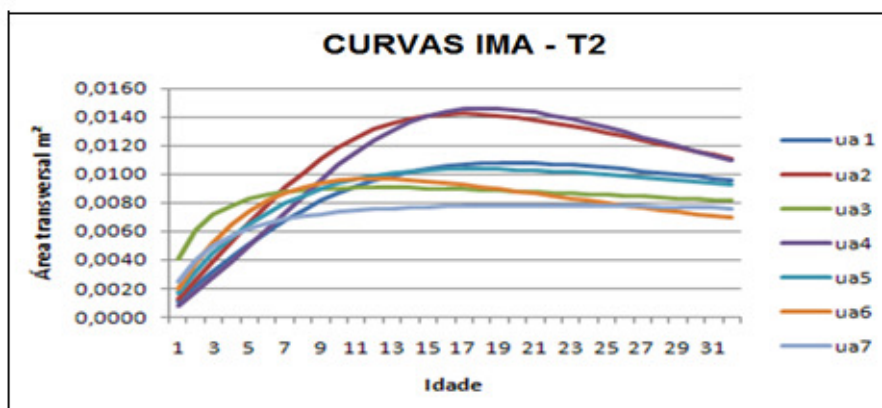
As FIGURAS 2.1, 2.2 e 2.3 demonstram que os povoamentos amostrados já haviam atingido a máxima produção biológica em área basal, informação esta baseada na inclinação descendente das curvas de IMA.

FIGURA 2.1: CURVAS DE IMA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* NA REGIÃO DE SENGÉS – PR, DO TRATAMENTO 1: 30 ANOS COM QUATRO DESBASTES



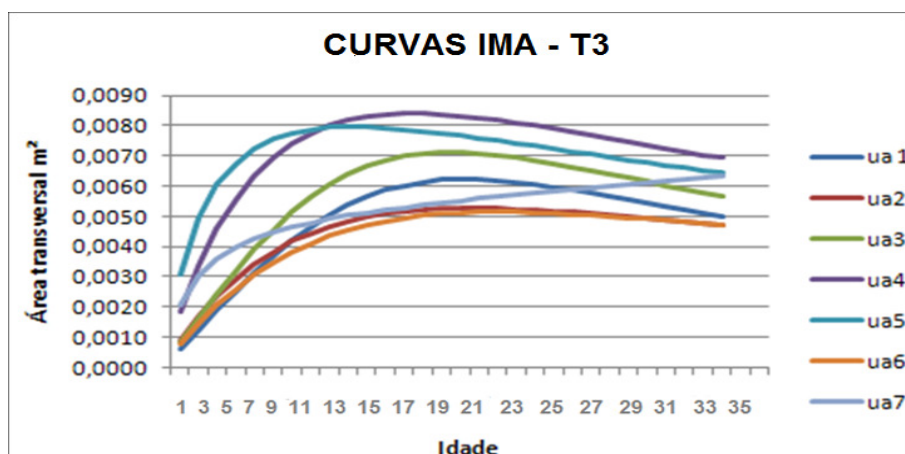
FONTE: O autor (2010)

FIGURA 2.2: CURVAS DE IMA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* NA REGIÃO DE SENGÉS – PR, DO TRATAMENTO 2: 32 ANOS COM TRÊS DESBASTES



FONTE: O autor (2010)

FIGURA 2.3: CURVAS DE IMA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* NA REGIÃO DE SENGÉS – PR, DO TRATAMENTO 3: 36 ANOS COM DOIS DESBASTES



FONTE: O autor (2010)

Percebe-se que nas FIGURAS 2.1, 2.2 e 2.3 as curvas de IMA atingiram a culminação da produção e estão todas em declínio, indicando povoamentos sob densidade completa, como preconiza o presente estudo. Além deste aspecto, foi necessário levantar todas as informações possíveis: espécie; espaçamento inicial; número, peso e ciclo dos desbastes.

Como a empresa detentora dos povoamentos não possuía todos os dados históricos de cada povoamento, foi preciso estimar algumas dessas informações. A idade dos povoamentos e épocas dos desbastes foram obtidos na Dissertação de Mestrado do autor através de ANATRO parcial. (COELHO, 2010).

O dados foram coletados dos três diferentes povoamentos sob densidade



completa na região de estudo, conforme TABELAS 2.1, 2.2 e 2.3

TABELA 2.1 – DISTRIBUIÇÃO DAS IDADES DOS DESBASTES EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	8	13	18	25	30

FONTE: O autor (2010)

TABELA 2.2 - – DISTRIBUIÇÃO DAS IDADES DOS DESBASTES EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	11	22	28	32

FONTE: O autor (2010)

TABELA 2.3 - – DISTRIBUIÇÃO DAS IDADES DOS DESBASTES EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 36 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	11	25	36

FONTE: O autor (2010)

Para melhorar a distribuição dos anéis de crescimento de maneira a torná-los mais uniformes e mais homogêneos, sugeriu-se a inclusão de mais um desbaste entre aqueles que foram realizados, já que no período entre os desbastes o povoamento está evoluindo para densidade completa, considerando a afirmativa de Schneider (2008) que o incremento diamétrico e em área basal vai se tornar estável e iniciar o processo de mortalidade natural das árvores sob maior estresse.

Como entre as intervenções originais constatou-se a assintose da produção, ao propor um desbaste exatamente no ano médio entre os efetivamente realizados, espera-se que os anéis anuais fiquem mais bem distribuídos ao longo do novo período de crescimento conforme descrito por Larson (1969), e como sugere Dias (2000).

Desta forma, os Tratamentos ficaram como demonstrado nas TABELAS 2.4, 2.5 e 2.6:

TABELA 2.4 – DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES DE DESBASTE EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30

FONTE: O autor (2012)

TABELA 2.5 – DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES DE DESBASTE EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	CR
Idade (anos)	11	17	22	25	28	30	32

FONTE: O autor (2012)

TABELA 2.6 – DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES DE DESBASTE EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	CR
Idade (anos)	11	18	25	31	36

FONTE: O autor (2012)

A informação do peso dos desbastes (número de árvores/ha) e o número de árvores remanescentes/ha, foi levantada através do conceito do Índice de Reineke.

Para a utilização do conceito do Índice de Reineke, o trabalho foi desenvolvido a partir da obtenção dos dados de inventários, fornecidos pela empresa VALE DO CORISCO. Estes inventários foram provenientes de parcelas localizadas no mesmo distrito dos dados levantados pelo Autor em sua Dissertação. Foram inventários de povoamentos definidos como “Pré-Corte” nas idades 7, 8, 14, 15, 18 e 20 anos.

Foram mensurados os DAP's de todas as árvores de um total de 750 parcelas que tinham área variando entre 300m<sup>2</sup> a 600 m<sup>2</sup>.

A partir dos DAP's medidos e da área de cada parcela, foram calculados: o diâmetro médio quadrático (dg) e o número de árvores por hectare (N/ha), formando pares de dados dg – N, para compor a base de dados para o ajuste da Equação de Reineke.

Para homogeneizar a base de dados, foi utilizado o modelo de Werkema (1996). Este modelo identifica as observações atípicas; observações consideradas *outliers* e podem provocar distorções nas estimativas. A aplicação do modelo de Werkema (1996) considera como observações típicas, aquelas situadas dentro do

intervalo de + 2 e -2 desvios padrão (s). Assim, foram excluídas 146 parcelas por apresentarem um desvio maior que +2.s ou - 2.s, e utilizadas 604 parcelas como banco de dados.

#### 2.4.2 Equação de Reineke

Com o banco de dados dos povoamentos da região de estudo definido, foi testada novamente a equação de Reineke e uma vez que os indicadores estatísticos de ajuste Coeficiente de Determinação, Erro Padrão da Estimativa, Teste de F e Gráfico de Resíduos foram aceitáveis, calculou-se os pesos em número de árvores dos desbastes dos três regimes de manejo estudados, bem como o número de árvores remanescentes para cada um. Utilizou-se da ferramenta “Regressão Linear”, no programa MICROSOFT EXCEL<sup>®</sup> para o ajuste da base de dados.

#### 2.4.3 Regimes de Manejo Alternativos

Segundo as informações levantadas: espécie, espaçamento inicial, épocas, peso e ciclo dos desbastes, foi proposto a cada regime de manejo, um desbaste a mais a cada intervalo das intervenções históricas. Isto foi determinado com base no fato de que os desbastes históricos foram realizados quando os povoamentos estavam em assintose da produção em área basal (densidade completa). Uma vez detectada a assintose, foi proposto um desbaste no intervalo entre as intervenções históricas de forma que os anéis anuais ficassem mais bem distribuídos ao longo do lenho (sentido radial) para alcançar o objetivo do estudo: melhorar a homogeneidade na distribuição linear do anéis de crescimento em *Pinus taeda*.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados a seguir os resultados e discussões sobre o presente estudo

### 2.5.2 Equação de Reineke

Foi utilizado a Equação de Reineke para estimar o peso dos desbastes realizados nos povoamentos. Conforme o banco de dados para o ajuste da equação, foram gerados os seguintes resultados:

TABELA 2.7 - RESUMO DOS INDICADORES DE AJUSTE DA EQUAÇÃO DE REINEKE PARA UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* EM SENGÉS - PR

Coeficiente B0	5,42743
Coeficiente B1	-1,81564
Coeficiente de Determinação ajustado ( $R^2$ ajust.)	95,86%
Erro Padrão da Estimativa ( $S_{xy}\%$ )	8,11%
F calculado	13947,317
F tabelar	0,00E+00
Probabilidade	95%

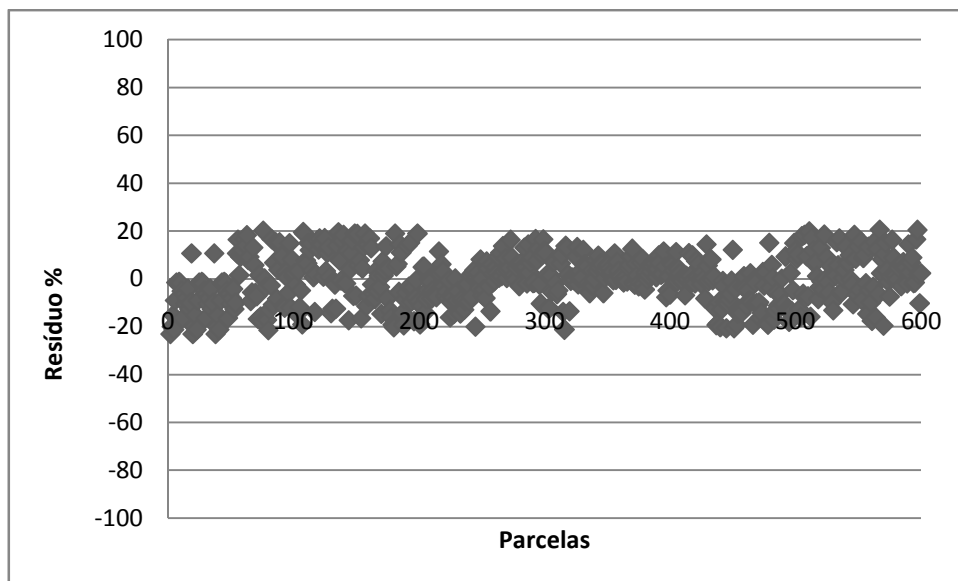
FONTE: O autor (2012)

Nota-se que o coeficiente B1: -1,81564, entra na equação gerando uma relação inversa para o dg em relação ao número de árvores estimado, conforme o esperado. (SCHNEIDER et al., 2008).

O valor do coeficiente B1: -1,81564, ficou próximo ao determinado por Reineke (1933) de -1,65. Próximo também do estimado por MacKinney e Chaiken (1935) -1,707 para *Pinus taeda*, Maccardle, Meyer e Bruce. (1961) -1,54 para *Pseudotsuga sp.* e Bailey (1972) -1,58 para *Pinus radiata* o que indica a validade do banco de dados e o ajuste da equação.

A FIGURA 2.1 expressa o gráfico de resíduos da equação ajustada no presente estudo:

FIGURA 2.4 – GRÁFICO DE RESÍDUOS DA EQUAÇÃO DE REINEKE PARA UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. EM SENGÉS - PR



FONTE : O autor (2011)

O Gráfico de Resíduos apresentou o comportamento desejado: todos os pontos orbitando de forma homogênea à reta da estimativa.

O expurgo dos dados discrepantes, excluídas 146 parcelas, realizado pelo método proposto por Werkema (1996), foi relevante e levou ao um ajuste adequado da Equação de Reineke considerando o amplo banco de dados.

### 2.5.3 Dados Estimados para os Regimes de Manejo

Aplicando a Equação de Reineke, o conceito descrito por Schneider, Schneider e Finger (2008), que expressa a densidade completa do povoamento, e acrescentando mais um desbaste entre os que foram realizados para gerar a homogeneidade das distancias entre os anéis anuais, como sugerido por Dias (2000), obteve-se o peso ( $n^{\circ}$  de árvores) que deveria ser aplicado nos desbastes, o número de árvores cortadas e o número de árvores remanescentes como pode ser observado na TABELAS 2.8, 2.9 e 2.10:

TABELA 2.8 - DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES, PESO, E ÁREA BASAL SEGUNDO DESBASTES EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP Médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg calculado Reineke (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N Remanesc	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	
G (m <sup>2</sup> ) retirado	55,94	6,70	6,72	4,48	4,35	4,61	4,21	3,55	
Peso Desb (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	

FONTE: O autor (2012)

TABELA 2.9 - DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES, PESO, E ÁREA BASAL SEGUNDO DESBASTES EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	CR
Idade (anos)	11	17	22	25	28	30	32
DAP Médio (cm)	38,4	46,4	54,4	56,8	59,1	60,7	62,2
Dg calculado Reineke (cm)	40,5	48,2	55,9	58,3	60,5	62,1	63,5
N/ha remanescente	322	236	180	167	156	149	143
N retirado	1345	87	56	13	11	7	
G (m <sup>2</sup> ) retirado	155,77	14,71	13,02	3,29	3,02	2,03	
Peso desbaste (%)	81%	27%	24%	7%	7%	5%	

FONTE: O autor (2012)

TABELA 2.10 - DISTRIBUIÇÃO SIMULADA DE IDADES, PESO, E ÁREA BASAL SEGUNDO DESBASTES EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	CR
Idade (anos)	11	18	25	31	36
DAP Médio (cm)	26,4	33,7	41,1	44,1	47,1
Dg calculado Reineke (cm)	29,4	36,1	43,1	46,0	48,9
N/ha remanescente	577	398	288	257	230
N retirado	1090	180	109	32	
G (m <sup>2</sup> ) retirado	59,67	16,06	14,46	4,89	
Peso desbaste (%)	65%	31%	27%	11%	

FONTE: O autor (2012)

Nota-se que o primeiro desbaste sempre foi o mais pesado nos três Tratamentos, no entanto há certa coerência nos pesos dos desbastes subseqüentes, de forma que o número de árvores dos povoamentos foi sendo progressivamente reduzido. Não há distorções nas informações estimadas pela Equação de Reineke,

como por exemplo: num desbaste um peso elevadíssimo e em outro baixíssimo e elevadíssimo novamente.

Nos Tratamentos 1 e 2 o número de árvores retiradas nos desbastes mais ao final do ciclo de produção, foram bem baixos: 7 a 22 árvores/ha, o que não é usual em regimes de manejo adotados em empresas na atualidade porque aumenta os custos, tendo em vista o custo fixo do desbaste e o número de árvores retiradas/ha.

Os desbastes subseqüentes ao primeiro foram de baixo peso, o que garante que as copas e os sistemas radiculares possam se desenvolver com equilíbrio, conforme sugerido por Schneider et al. (2008), e sem causar uma desuniformidade entre os lenhos inicial e tardio, alterando a qualidade da madeira como descrito por Larson (1969).

Conforme apresentado por Assmann (1968) os povoamentos sofreram apenas o primeiro desbaste pesado, portanto tenderiam a produzir menor volume. No entanto, os desbastes subseqüentes foram leves o que levou ao controle dos incrementos diamétricos e controle na distribuição dos anéis anuais. Como descrito pelo mesmo autor, os desbastes de peso adequado, aplicados na idade certa podem melhorar a qualidade da madeira, homogeneizar os sortimentos e aumentar a dimensão das árvores sem levar a perdas significativas de volume.

As remoções de árvores em termos de área basal a partir do segundo desbaste ficaram abaixo de 35% a 40% e portanto não influenciaram a taxa de crescimento em volume nos povoamentos, o que vai de encontro com os estudos de Flotz e Jhonston (1967).

Da mesma forma, segundo Glufke (1996), os desbastes não atingiram 25%, 50% e 75% da área basal máxima e portanto não proporcionam redução na produção, com exceção do Tratamento 3, o segundo e o terceiro desbastes, e do Tratamento 2, o segundo desbaste.

Para o corte raso, restaram entre 143 e 230 árvores/ha, o que dá um espaço vital de 70 a 43m<sup>2</sup> respectivamente para cada árvore dos povoamentos.

Considerando que os desbastes alcançam um número elevado em relação aos regimes de manejo mais tradicionais, a seleção das árvores que ficam para os últimos desbastes e para o corte raso é a melhor possível.

## 2.6 CONCLUSÕES

- a. O banco de dados utilizado foi adequado para o presente estudo e a Equação de Reineke ao ser ajustada, atingiu os indicadores estatísticos satisfatórios citados pela literatura, o que permitiu a sua utilização nos cálculos de peso dos desbastes número de árvores cortadas e número de árvores remanescentes.
- b. Através da Equação de Reineke foi calculada a densidade (número de árvores/ha) pós desbaste para cada um dos 3 regimes de manejo estudados, resgatando esta informação que é fundamental para o manejo florestal.
- c. Uma vez estimados as informações de diâmetro, épocas de desbastes, pesos dos desbastes, diâmetro médio quadrático foi possível estabelecer nos regimes de manejo a inclusão mais um desbaste entre as intervenções históricas, visando distribuir melhor os anéis anuais e os incrementos.



## REFERENCIAS

- ABREU, E. C. R.; **Modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis***. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Lavras, 2000.
- ACERBI JR, F. W.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MAESTRI, R.; Modelo para Prognose do Crescimento e da Produção e Análise Econômica de Regimes de Manejo para *Pinus taeda*. Viçosa: **Revista Árvore**, v.26, n.6, 2002, p. 699-713.
- ASSMANN, E. **Zur theorie der Grundflaechenhaltung**. FW. Cbl. n.78, p.321- 330, 1968.
- BAILEY, R. L. **Development of unthinned stands of *Pinus radiata* in New Zeland**. 1972. 73 f. PhD Tesis (Ph.D.) University of Athens, Athens, Greece. 1972
- BARROS, D. S. Comportamento de modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para plantações de *Pinus oocarpa* em diferentes tratamentos. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo, n. 45, p. 3 – 28, jul/dez, 2002.
- BERTOLOTI, G. Efeitos de diferentes métodos e intensidades de desbaste na produtividade de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. e Golf. **IPEF**, Piracicaba, (24):47-54, 1983
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G.; **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009, 548 p.
- COELHO, V. C. M. **Avaliação do manejo da produção econômica de madeira de *Pinus taeda* L. com características qualitativas superiores**. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- DANIEL, T. W.; HELMS, J. A.; BAKER, F. S. **Principles de silvicultura**. 2.ed. New York: Mc-Graw-Hill, 1979. 500 p.
- DIAS, A. N. **Modelagem e avaliação econômica de plantações de eucalipto submetidas a desbastes**, 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2000.
- FLOTZ, B. W.; JOHNSTON, W. F. Cross basal area growth of northern White cedar is independent of stand density over a wide range. **U. S. Forest Service Research**. Note NC-61. 1967.
- GINGRICH, S.F. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the Central States. **Forest Science** 13(1):38-53. 1967
- GLUFKE, C. **Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm em povoamento desbastado**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. 1996.

GONÇALVES, M. P. M. **Avaliação socioeconômica e ambiental de sistemas de produção de *Mimosa scabrella* Benth e de *Pinus taeda* (L.)** 153 f. Dissertação (Mestrado) Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2011

GRUSCHOW, G.F.; EVANS, T.C. The relation of cubic-foot volume growth to stand density in young slash pine stands. **Forest Science**, v. 5, n. 1, p. 49-55, mar. 1959.

HAIR JUNIOR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.;BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 600 p.

HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation**. London: Faber and Faber, 1959. 123p.

KOEHLER, A. B.; **Modelagem biométrica e morfometria em povoamentos jovens de *Araucaria angustifolia* (bert.) ktze, em Tijucas do Sul, estado do Paraná**. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 2009.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Rossdorf: GTZ, 1990. 343.p.

LARSON, P. R. **Wood Formation and the concept of wood quality**. New Haven: Yale University: School of Forestry, 1969. 53 p. (Bulletin, 74).

LISITA, A.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C .C.; REGAZZI, A. J. & LELLIS, V. G. dos S. Efeitos de reespaçamentos na produção, no diâmetro médio e na estrutura de povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*. **Árvore**. SIF, v 21, n. 4, p. 473-482, 1997.

MAIA, S. F. - **Correlação e causalidade**. Disponível em <<http://www.sineziomaia.hpg.com.br/>>. Acesso em: 13 mar. 2011.

MACARDLE, R. E.; MEYER, H. H; BRUCE, D. The yeld of Douglas fir in Pacific Northwest. Washington: **USDA Forest Service. Technical Bulletin**. 1961. 74p.

MACKINEY, A; CHAIKEN, L. E. A method of determining density of loblolly pine stands. Asheville: **USDA Forest Service**. Appalachian Forest Experimental Station. Technical Note. V. 15. 1935. 3p.

MAINARDI, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; Produção de *Pinus taeda* na região de Cambará do Sul, RS. Santa Maria: **Revista Ciência Florestal**, v.6, n.1, 1996, p. 39-52.

MONTGOMERY, D.C., **Introdução ao Controle Estatístico de Qualidade** , 4º ed., Rio de Janeiro, LTC, 2004.

PEREIRA, J. C. D.; TOMASELLI, I. Influência do Desbaste na Qualidade da Madeira de *Pinus elliottii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 49, p. 61-81, jul./dez.2004.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. **Jor. Agric. Res.**, n. 46, p. 627-638, 1933.

SANQUETTA, C. R.; WATSLAWICK, L. F.; DALLA CÔRTE, A. P.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários florestais: planejamento e execução**. Curitiba, Multi-Graphic, 2009. 316 p.

SCHENIEDER, P. S.; FINGER, C.; HOPPE, J. M.; DRESCHER, R.; SCHEEREN, L. W.; MAINARDI, G.; FLEIG, F. D. Produção de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em diferentes intensidades de desbastes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p.129-140, 1998

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993. 348p.

SCHNEIDER, P. S. P.; FLEIG, F. D., SCHNEIDER, P. R., FINGER, C. A. G. Avaliação da Relação Densidade e Diâmetro em Povoamento de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 481-491, out.-dez., 2008

SCOLFORO, J. R. S. **Mensuração florestal 4: classificação de sítios florestais**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 138 p.

SENA, A. L. M. **Manejo da densidade e predição probabilística multivariada de multiprodutos em povoamentos florestais**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2011.

TEMPS, M. **Adição da precipitação pluviométrica na modelagem do crescimento e da produção florestal em povoamentos não desbastados de *Pinus taeda* L.** 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 2005

TÉO, S. J. ; MACHADO, S. A.; SILVA, L. C. R. Índice de Densidade de Povoamento para Bracatingais Nativos da Região Metropolitana de Curitiba, Pr. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 54-61, jan./mar. 2008

WERKEMA, M. C. C. **Análise de regressão: como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni; UFMG, 1996. 311 p.

YODA, K.; KIRA, T., OSAWA, H.; HOZUMI, K., **Self-thinning in over crowded pure stands under cultivated and natural conditions**. Jor. Biol. Osaka City Univ., n. 14, p. 107-129, 1963.

### **3 ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE TRÊS REGIMES DE MANEJO DE *Pinus taeda* L.**

### 3.1 INTRODUÇÃO

Um investimento é o desembolso que se faz no momento presente, e, visa gerar renda e benefícios no futuro. Todo investimento, carece antes da efetivação, uma análise, que implica na justificativa do sacrifício no momento presente, na expectativa de um benefício futuro. Esta análise de investimento é baseada em indicadores, que, apontam para a melhor decisão, ou um conjunto de melhores possibilidades viáveis.

No caso de um projeto de investimento na área florestal, também antes de sua execução, deve ser feita uma análise da sua viabilidade econômica, atendendo requisitos, econômicos, financeiros, ambientais, e sociais.

A empresa pode analisar os cenários de manejo florestal mais conservadores mas também novas possibilidades de manejo da floresta podem ser avaliadas. Estas, incluem a realização de um programa de podas, antecipação ou postergação dos desbastes, aumento ou redução do ciclo de produção, tudo isto de acordo com o comportamento do mercado.

As alterações realizadas no manejo impactam diretamente o fluxo de caixa da empresa, seja antecipando rendas, seja postergando-as, aumentando ou reduzindo custos de produção.

O presente estudo faz a análise de três regimes de manejo florestal com ciclos de produção e número de desbastes diferentes: 30 anos, três podas e oito desbastes, 32 anos, três podas e seis desbastes e, 36 anos, três podas e quatro desbastes.

Sendo o número de desbastes, as podas e o ciclo de produção fatores muito importantes na composição dos custos de produção de toras, é pertinente a presente análise, que determinará das três opções de manejo, a mais viável economicamente.

Estas opções de manejo são analisados a partir dos indicadores econômicos que sinalizam se ocorre a utilização racional dos recursos financeiros, visando à maximização da produção, distribuição, consumo e renda.

O estudo de viabilidade econômica de projetos florestais serve então, de subsídio para a tomada de decisões de manejo e renda do investimento.

### 3.2 OBJETIVOS

Para a consecução do presente estudo são estabelecidos o objetivo geral e específicos.

#### 3.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade econômica da produção de madeira em toras de três diferentes regimes de manejo para povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Sengés – Paraná.

#### 3.2.2 Objetivos Específicos

- a. Apurar os custos atualizados de implantação e produção de madeira de povoamentos de *Pinus taeda* sob três diferentes regimes de manejo;
- b. Definir, com base em indicadores de viabilidade econômica, o regime de manejo mais rentável economicamente.

### 3.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica dá o embasamento teórico para as discussões sobre o estudo em questão.

#### 3.3.1 Produção Econômica Florestal

Produção é um processo onde uma empresa transforma matérias-primas em produtos e serviços para venda no mercado. A empresa pode comprar insumos e associá-los aos seus processos para atingir a produção de determinado produto. (CASAROTTO, 1994; VASCONCELLOS, 2002).

Estes processos produtivos utilizam os fatores – terra, capital e trabalho. O processo de produção pode ter ou não de mão-de-obra intensivo, ou terra intensivo, ou demandar de grande quantidade de capital. Dependendo do produto final, um fator de produção será mais utilizado, relativamente aos demais. (VASCONCELLOS, 2002).

A produção, do ponto de vista econômico, está associada à idéia de escassez, ou, Lei da Escassez:

Escassez de recursos sugere a idéia de que os recursos materiais são limitados e que não é possível produzir uma quantidade infinita de bens, tendo em conta que os desejos e as necessidades humanas são ilimitados e insaciáveis. (SAMUELSON, 1992, p.62).

Portanto, a escassez determina o comportamento humano em decorrência da relação entre as suas necessidades e os recursos disponíveis para satisfazer estas necessidades. (WEBER, 1935).

Associando então os conceitos apresentados: produção e escassez, nota-se que um estimula o outro, de maneira que à medida que ocorre a escassez, a produção é estimulada, e, à medida que a escassez diminui, a produção é limitada. A ciência econômica tenta explicar esta dinâmica e as relações dos agentes econômicos: empresas ou pessoas físicas (produtores) e empresas e pessoas físicas (consumidores). (ROSSETTI, 2002).

A produção, portanto, tem um viés econômico, então o conceito completo seria: produção econômica – “é a atividade social que consiste em adaptar os

recursos e as forças da natureza com o fim de criar bens e serviços destinados à satisfação das necessidades humanas.” (PINHO, 2003).

Segundo Rosseti (2002), a produção econômica se ocupa de dois aspectos: da satisfação dos desejos da sociedade e da rentabilidade do negócio. Assim, ao atender as necessidades humanas, a rentabilidade do negócio aumenta, até certo ponto - o nível de satisfação.

A produção florestal madeireira, apresenta características marcantes: grandes investimentos, longo período de produção e necessidade dos três fatores de produção: capital, terra e trabalho. (HOSOKAWA; MOREIRA; CUNHA, 2008).

Todos os fatores de produção são alocados nas mudas plantadas para a produção de madeira. Mesmo que haja pleno domínio sobre a cultura, há uma dinâmica de crescimento de cada indivíduo - a madeira é o saldo da atividade de assimilação e respiração (BURGER, 1980) - seja por fatores genéticos, seja por fatores fenotípicos. (GIANOLI, 2004).

Para que o conceito de produção econômica seja aplicado na área florestal é preciso ter ciência que as árvores são mais ou menos eficientes na alocação dos fatores de produção para o crescimento. As árvores dominadas respiram mais e assimilam (crescem) menos, enquanto que as árvores dominantes assimilam mais (crescem) e respiram menos. Então, do ponto de vista da produção líquida biológica, é possível otimizar a produção (econômica) alocando os fatores de produção às árvores mais eficientes através da eliminação das menos eficientes. Esta operação chamamos de desbaste. (HOSOKAWA; MOREIRA; CUNHA, 2008).

Ao distribuir os fatores de produção em um número menor de indivíduos, implica em indivíduos de maiores dimensões, o que proporciona o retorno mais rápido do capital investido, um uso tecnológico mais nobre e, do ponto de vista econômico, mais rentável dos produtos. (HOSOKAWA; MOREIRA; CUNHA, 2008).

Os mesmos autores definem produção econômica qualitativa como aquela que tem como meta, o potencial produtivo da utilização tecnológica da madeira.

O monitoramento do crescimento da floresta e os desbastes são ferramentas para a produção econômica florestal, ou seja: maior retorno do capital investido pelo maior crescimento e melhor qualidade do produto final.



### 3.3.2 Análise de Investimento

Todo investimento sofre de um risco. Risco é a possibilidade da perda de capital. É uma incerteza com relação ao futuro do investimento. Ele se refere a diferentes possibilidades de retornos de um projeto. Se um projeto apresenta maior possibilidade de ganhos, apresenta menor risco; quanto maior a certeza em determinado investimento, menor é o seu risco. (ANTONIK, 2004).

Noronha e Duarte (1995) afirmam que um investimento é qualquer atividade que será desenvolvida dentro de um horizonte de tempo, que implique a mobilização de capital, mão-de-obra e meio ambiente, com a expectativa de gerar retorno financeiro futuro.

A análise de investimentos significa decidir analiticamente a aplicação de recursos financeiros em diferentes opções, por prazos maiores que um ano, propiciando o maior retorno do capital investido aos seus detentores com o menor risco. As indagações a serem respondidas são: 1. O projeto vai se pagar? 2. O projeto vai aumentar a riqueza dos investidores? 3. Esta é a melhor opção de investimento? (CASAROTTO, 1994).

Na área florestal, o aspecto de produção de madeira, tem como característica a geração de rendas financeiras em longo prazo. Ou seja, os horizontes de recuperação do capital são de 7, 15, 20 anos. Isto muitas vezes, limita novos investimentos, o que amplia o risco em relação aos projetos de curto prazo, como agricultura por exemplo. Além disto, mobiliza capital, terra e mão-de-obra, o que gera necessidade de planejamento e gestão das atividades para que se torne viável (HOSOKAWA; MOREIRA; CUNHA, 2008).

Como os recursos são limitados, segundo Berger et al. (2011), é necessário selecionar uma alternativa de investimento dentro de um rol de possibilidades, tendo como base termos precisos de comparação. O investimento na área florestal deve ser fundamentado em análise econômica para ter amparo decisório. De acordo com Rezende, Barros e Oliveira (1983), ao se decidir por um investimento, é necessário precisão com relação às informações utilizadas, pois um erro cometido poderá demandar muito tempo para ser corrigido.

O modelo de análise de investimentos mais usado na área florestal é o modelo de fluxo de caixa descontado, porque é baseado na teoria de que o valor do

negócio depende de rendas futuras que irá proporcionar, descontadas para um valor presente através de uma taxa de desconto apropriada que reflita os riscos do investimento. (ENDLER, 2004).

Damoran (1997) afirma que esta metodologia é apropriada a empresas que apresentam fluxos de caixas positivos, que possam ser estimados com confiança no futuro, e que o risco possa ser controlado. A técnica da avaliação pelo fluxo de caixa descontado captura todos os elementos que afetam o caixa da empresa.

Para a determinação do fluxo de caixa, são feitas estimativas ou levantamentos dos preços vigentes tanto dos insumos quanto dos preços de venda do produto final e quantidades produzidas. Este levantamento deve ser o mais realista possível. (BRIGHAM; HOUSTON, 1999; REZENDE; BARROS; OLIVEIRA, 1983).

No Modelo de Fluxo Descontado, as receitas sofrem desconto pela TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA) que expressa oportunidades renunciadas, pelo investimento que foi escolhido. A estas oportunidades renunciadas, chama-se Custo de Oportunidade (SOUZA; CLEMENTE, 2004). Então neste modelo de análise o investimento deve ter no mínimo a rentabilidade semelhante ao custo de oportunidade.

Considerando que ao se estipular uma TMA, é necessário conhecimento e sensibilidade para fazê-lo, uma possibilidade é criar uma série analítica com diferentes cenários de taxas de atratividade, procurando cobrir o máximo de situações. (SOUZA; CLEMENTE, 2004).

Como afirmado acima pelos autores, este custo de oportunidade é de certa forma uma estimativa do risco por optar desenvolver uma atividade econômica em detrimento de outra. Isto gera uma TMA ajustada ao nível de risco do ativo, que será usada como taxa para o desconto dos fluxos de caixa futuros. A TMA é única para cada investidor e não existe fórmula matemática para calculá-la, pois ela pode variar com o tempo. Ao se trabalhar com modelos de fluxo descontado, a taxa de atratividade constitui-se no parâmetro de avaliação dos projetos, a meta econômica mínima a ser alcançada.

Uma forma de estimar a TMA é levar em conta a possibilidade de financiamentos de diferentes fontes, a remuneração pelo capital a ser pago a cada fonte, a proporção de cada fonte no montante de recursos e os impactos fiscais e tributários.

Uma forma de propor a TMA é através do cálculo do Custo Médio Ponderado de Capital – CMPC (DAMODARAN, 2002; BREALEY; MYERS, 2003), pela expressão:

$$CMPC = W_e * K_e + W_d * K_d * (1 - t) \quad (1)$$

onde:

*CMPC: Custo Médio Ponderado de Capital*

*W<sub>e</sub>: Participação do Capital Próprio no total de recursos utilizados;*

*W<sub>d</sub>: Participação de Capital de Terceiros no total de recursos utilizados;*

*K<sub>e</sub>: Custo de Capital Próprio*

*K<sub>d</sub>: Custo de Capital de Terceiros*

*T: Alíquota de impostos sobre o lucro*

Outra vertente para a definição da TMA tem como base a taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), que é a taxa de juros básica da economia, proposta pelo Comitê de Política Monetária (COPOM). A taxa SELIC é a taxa base para a remuneração de títulos públicos federais no Brasil, por isso aqui é considerada de risco zero. Os bancos a utilizam como referência nos seus empréstimos aos clientes. Em uma análise simples, um investidor não faria um projeto cuja taxa de retorno fosse menor que a taxa de juros SELIC, já que ela é a de maior segurança, ou risco zero. Então, a relação entre a TMA e a taxa SELIC é direta, pois quanto mais alta for a taxa SELIC, mais rentável tem de ser qualquer investimento. Um aumento na SELIC resulta em uma redução da atratividade de um projeto, podendo até torná-lo inviável. (ALMEIDA, 2012).

Ainda, segundo Almeida (2012), associando as idéias anteriores, tem-se a definição da TMA através de três condicionantes: a) nível de risco do investimento: quanto maior o risco, maior deve ser o prêmio; b) liquidez do investimento: negócios que facilmente se transforma em numerário, necessitam de taxas menores; c) custo de oportunidade: comparação da alternativa escolhida com outras alternativas existentes no mercado.

Na área florestal existem dúvidas quanto à utilização de qual TMA.

A literatura apresenta taxas variando de 6 a 12% ao ano, sendo mais baseadas em tradição propriamente. (HELLIWELL, 1974; MANNING, 1977; FOSTER, 1979; REZENDE, 1982).

Além dos riscos próprios de investimento, a que se somar os característicos da área florestal, como variações climáticas, pragas e doenças e incêndios. E ainda, os de caráter político-econômico característicos do Brasil, como variações de preços de insumos e burocracia para importações. (SZMRECSÁNYI, 1978).

Outra vertente para proposição de uma TMA é a baseada nos programas federais de incentivo ao reflorestamento, como por exemplo: BNDES Florestal, FNE Verde, FCO Programa ABC, Pronaf Floresta, BNDES - Programa Fundo Clima: Energias Renováveis, BNDES - Programa Fundo Clima: Carvão Vegetal, que utilizam taxas de juros que variam entre 1%a.a. a 7%a.a. (BNDES, 2015).

Vale ressaltar que são programas de empréstimos subsidiados pelo governo federal, portanto fora de uma realidade concreta, uma vez que os subsídios são temporais e na maioria das vezes direcionados a pequenos produtores.

De acordo com Lima Júnior, Rezende e Oliveira (2009), o mais seguro é que a própria empresa determine, em função de seus fatores formadores a sua própria TMA.

### 3.3.3 Métodos de Análise de Investimentos na Área Florestal

Vários são os métodos para análise de investimentos, no entanto cada projeto tem suas particularidades.

As possibilidades de análise são: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Taxa Interna de Retorno (TIR), Razão Benefício/Custo (B/C) e Payback (SILVA; FONTES, 2005); (BARBOSA, 2014); (SILVA et al., 2014); (MENDES, 2012).

De acordo com as características do estudo: tratamentos com diferentes períodos de investimentos, o critério mais indicado é o VPLA. (GASTALDI; MAINARDI, 2012).

#### 3.3.3.1 Valor Presente Líquido – VPL

O VPL é obtido através do desconto do fluxo de caixa para o início do investimento. Este fluxo é descontado a uma taxa de juros pré-determinada. O valor obtido pode ser interpretado como para aceitação ou não do investimento (REZENDE, 1995).

É dado pela expressão:

$$VPL = \sum_{j=0}^n (R_j - C_j) / (1 + r)^j \quad (2)$$

onde:

$R_j$ : receita ou benefícios financeiros que acontecem no ano  $j$

$C_j$ : custos ou investimentos financeiros que acontecem no ano  $j$

$r$ : taxa real de juro

$j$ : início do período de investimento ou do projeto

$n$ : data de término do investimento

O projeto que apresenta o VPL maior ou igual a zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado o melhor, aquele que apresentar maior VPL. (SILVA; FONTES, 2005).

Este método é um dos melhores, pois apresenta menos falhas em relação aos demais. No entanto, não pode ser utilizado quando os projetos têm diferentes tempos de duração. (REZENDE; OLIVEIRA, 2001).

Com relação ao uso do VPL em considerando diferentes períodos de produção, Stall (2012) chegou às conclusões que: em regimes de manejo com idades de 14 até 20 anos a média do VPL é R\$ 664,50; para os regimes com idade de 21 até 30 anos, a média do VPL é R\$ 611,36 considerando uma TMA de 8,75%. Percebe-se neste caso que à medida que o período de tempo se amplia, há uma tendência de queda do VPL.

Schneider (2012) considerando uma TMA de 6,75%, calculou o VPL de R\$15.587,60 para um regime de manejo com três desbastes, aos 9, 13 e 18 anos e corte final aos 22. Em outro estudo, utilizando a mesma TMA, o mesmo autor considerando três desbastes num ciclo de 25 anos chegou ao VPL de R\$5.312,90. (SCHNEIDER, 2012).

Para Gonçalves (2011) num sistema de produção de *Pinus taeda* com um ciclo de 17 anos, o VPL foi de R\$7.597,68, considerando uma TMA de 8,75%.

Gonçalves (2004) chegou a um VPL de R\$ 6.106,78 para investimentos com *Pinus sp.*

Pezzuti (2011) chegou a um VPL de R\$1.973,97 para o plantio de 833 árvores/ha desbastado em um ciclo de produção de 15 anos, considerando uma TMA de 8%.

Coelho e Coelho (2012) em estudo para *Pinus elliottii*, considerando dois desbastes e ciclo de produção de 21 anos, obtiveram resultados para VPL de R\$8.089,92 a R\$9.794,54 dependendo do sítio, considerando uma TMA de 6,5%.

Folmann (2011) realizou um estudo de viabilidade econômica de plantios de *Pinus taeda* L. em duas mesorregiões do estado do Paraná, dentre elas a Mesorregião Centro-Oriental, região essa onde foi realizado o presente trabalho. O autor chegou a valores de VPL de -R\$1.023,39 a R\$2.606,32 dependendo do regime de manejo adotado, com uma TMA de 6,75%

Magalhães et al. (2014) em estudo da viabilidade econômica de projetos agrossilviculturais chegaram à conclusão que a redução dos ciclos de produção de madeira antecipa as rendas e aumenta o VPL do empreendimento.

No mesmo sentido, Pezzutii (2011) chegou à conclusão que rotações mais curtas apresentam melhores resultados econômicos.

### 3.3.3.2 Valor Presente Anualizado – VPLA

O VPLA é a parcela anualizada e constante de uma quantia igual ao VPL. Isto é importante, pois permite a avaliação de projetos com diferentes tempos de duração, uma vez que o capital ao longo do tempo é corrigido de acordo com os períodos de avaliação. (FERREIRA, 2007).

É dado pela expressão:

$$VPLA = \left( \frac{VPL \cdot (1+i)^t}{1 - \frac{1}{(1+i)^t}} \right) \quad (3)$$

onde:

*VPL*: Valor Presente Líquido

*i*: Taxa de juros

*t*: tempo de duração do investimento

O projeto será considerado economicamente viável se apresentar VPLA positivo, indicando que os benefícios periódicos são maiores que os custos periódicos. Quanto à seleção de opções, deve ser escolhida a que apresentar maior VPLA, para determinada taxa de desconto (FERREIRA, 2007).

Schneider (2012) considerando horizontes de planejamento de até 28 anos, e, considerando uma TMA de 6,75%, indicou o regime de manejo com três

desbastes e corte final aos 22 anos como o de maior eficiência econômica, com um VPLA de R\$ 1.380,10. Neste caso o autor percebeu que investimentos de menor prazo tendem a apresentar VPLA maior.

Rode et al. (2015) em estudo sobre a regulação florestal de projetos de fomento com áreas próprias e áreas de empresas, chegaram a um VPLA médio por hectare das áreas de fomento de R\$ 421,88, e para as áreas da empresa de R\$ 791,34, considerando uma TMA de 5%.

### 3.3.3.3 Taxa Interna de Retorno – TIR

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que traduz a rentabilidade proporcionada pelo investimento. Representa o ganho médio do investimento expresso em percentual. Se a TIR é maior que a TMA que o investidor pode aplicar sobre o capital, então o investimento é mais atraente. (BERGER, 2007). No entanto, se a TIR for significativamente diferente das taxas de mercado, ela pode ficar muito longe de indicar a verdadeira rentabilidade do projeto de investimento. (BARBIERI; ÁLVAREZ; MACLINE., 2007).

Rezende (2008) define a TIR como uma taxa média de crescimento de um investimento e depende da taxa de desconto corrente.

Sua expressão matemática:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \{R_j - C_j / (1 + TIR)^t\} = 0 \quad (4)$$

onde:

*R<sub>j</sub>*: receita ou benefícios financeiros que acontecem no ano “j”

*C<sub>j</sub>*: custos ou investimentos financeiros que acontecem no ano “j”

*R*: taxa real de juro

*j*: início do período de investimento ou do projeto

*n*: data de término do investimento

*t*: tempo

A avaliação com base na TIR considera viável o projeto que apresentar a maior TIR desde que sejam maiores que o TMA num mesmo horizonte de planejamento.

Berger et al. (2011) em estudo de viabilidade econômica para *Pinus taeda* chegou a valores da TIR entre 21,2% até 23,5%, considerando uma TMA de 6% e um período de produção de 21 anos.

Rodigheri (1997) mostrou que um reflorestamento de pinus com densidade de 1.667 plantas/ha pode atingir uma TIR de 17,09 %. Da mesma forma Malinovski et al. (2006) obtiveram resultado semelhante utilizando 1.250 plantas/ha (TMA:6,0%).

Schneider (2012) chegou à TIR de 14,83% em povoamentos manejados com três desbastes e corte final aos 22 anos, e 14,25% em povoamentos manejados com dois desbastes e corte final aos 18 anos. O mesmo autor em outro estudo calculou a TIR em 16,20% para povoamento com três desbastes e corte raso aos 25 anos sempre considerando uma TMA de 6,75. (SCHNEIDER, 2012)

Para Penha (2011) num sistema de produção de *Pinus taeda* com um ciclo de 17 anos a TIR chegou a 10%, sendo superior à TMA de 8,75%.

Pezzutti (2011) chegou a uma TIR 11,9 % para o plantio de 833 árvores/ha desbastado, com poda, em 15 anos, sendo a TMA de 8%.

Coelho e Coelho (2012) em estudo para *Pinus elliottii* considerando dois desbastes, e um ciclo de produção de 21 anos, obtiveram resultado para a TIR de 17,80% a 19,32% dependendo do sítio, considerando uma TMA de 6,5%.

Floriano (2008) analisando as diferenças de VPL entre sítios florestais chegou a valores da TIR de 8,14% a 11,4% considerando um ciclo de produção de 26 anos e quatro desbastes (TMA: 8,75%).

Pezzutti et al. (2008) avaliaram a TIR em 10,1% considerando dois desbastes e corte raso aos 21 anos.

Folmann (2011) chegou a valores de TIR de 5,4% a 10,2% dependendo do regime de manejo utilizado, com uma TMA de 6,75%

### 3.3.4 Simulação da Produção

A simulação da produção florestal é uma importante ferramenta no planejamento da oferta de madeira. Através de programas computacionais é possível realizar uma série de simulações que prevêem com uma boa margem de segurança a produção e por consequência as rendas.

Segundo a definição da simulação da produção:



É um sistema com equações matemáticas que pode prever o desenvolvimento de um povoamento florestal. Um modelo, para ser de fato um simulador da produção florestal, deve propiciar condições ao usuário de investigar as consequências de interferências hipotéticas, naturais ou artificiais, na floresta, objeto da modelagem povoamento florestal. (SANQUETTA, 1996, p.7)

Na mesma linha de pensamento, Spiecker (1975) propõe que um simulador deve demonstrar os resultados, as ações possíveis (opções) sob as condições que foram propostas inicialmente. Os resultados estarão sempre associados às condições impostas na simulação e esta característica deve estar clara num programa de simulação.

Existem no mercado uma série de simuladores comerciais. O mais difundido, sem dúvida é o Sis Pinus®, da EMBRAPA Florestas, dado que é gratuito e de fácil uso. Tem como componentes: funções de distribuição de probabilidade, modelo de crescimento e produção, modelo hipsométrico, função de volume, modelo de mortalidade, função de afilamento e equação de sítio. (OLIVEIRA, 1995).

O Sis Pinus® apresenta nos seus resultados o crescimento do povoamento, a mortalidade e os seus produtos, de acordo com o regime de manejo adotado. Tem como objetivo orientar o produtor a melhor gerir seus recursos florestais de forma a otimizar a produção e melhorar sua renda. (OLIVEIRA, 2014).

O programa apresenta uma série de janelas com os resultados solicitados, como: produção total, produção por desbaste, produção por produtos, segundo o banco de dados do programa e informações inseridas na simulação: sítio, densidade inicial, mortalidade, diâmetro em determinada idade, qualidade do povoamento, número de desbastes e ciclo de produção.

Ainda segundo Oliveira (2014) o Sis Pinus® é amplamente usado no setor florestal, sendo que é aplicável a 98% das plantações florestais no Brasil.

### 3.4 MATERIAIS E MÉTODO

Primeiramente foi levantado o rol de operações florestais que envolvem a implantação, formação e manejo das florestas da região em estudo, que foram divididos em: habilitação, plantação, arrendamento, administração, proteção florestal, poda, desbastes e colheita, segundo o espaçamento de plantio, 3,0m x 2,0m, totalizando 1.667 árvores/ha. Cada operação teve seu custo apurado junto às empresas da região.

Os custos das podas foram calculados com base no levantamento histórico da região, já que no momento da pesquisa esta operação não era mais realizada. A produtividade foi considerada a partir das informações de 2009, último ano em que ocorreu. Naquele ano, todos os colaboradores já tinham sido treinados e atingido o máximo na curva de aprendizado. (APÊNDICE 1). Os custos foram levantados com base no ano de 2009 e feita a atualização monetária pela taxa de inflação segundo o índice oficial do país – IPCA (ANEXO 2).

Para o cálculo da produção volumétrica e por hectare, foi utilizado o Simulador Sis Pinus®, considerando os parâmetros informados pelas empresas da região do estudo: Índice de Sítio: 22m; Percentual de Sobrevivência: 95%; Densidade inicial: 1.667 árvores/ha.

Para o levantamento dos preços da madeira, considerou-se o Boletim RADAR POYRY, Ano 6, Edição 3, 3º Trimestre de 2014 – MERCADO BRASILEIRO DE BASE FLORESTAL. O RADAR POYRY é um informativo publicado trimestralmente pela Empresa Pöyry, contemplando principalmente dados de preços e custos médios da indústria de base florestal. Para elaboração do informativo são pesquisadas empresas dos estados do Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

Os dados utilizados dizem respeito à madeira em pé, no Paraná, região de Jaguariaíva, PR como pode ser visualizado na TABELA 3.1:

TABELA 3.1 - PREÇOS MÉDIOS DE MADEIRA EM PÉ POR SORTIMENTO E POR CLUSTER FLORESTAL NO ESTADO DO PARANÁ.

CLUSTER FLORESTAL	R\$/m³ em pé			
	8–18cm	18-25cm	25-35cm	>35cm
Curitiba	29,70	61,50	75,30	129,40
Guarapuava	24,40	60,90	91,30	132,30
Jaguariaíva	35,80	61,10	92,00	128,60
Ponta Grossa	35,70	57,80	99,90	130,40
Telêmaco Borba	31,00	70,20	93,90	131,60
União da Vitória	12,20	51,70	85,30	120,70
Preço Médio Aritmético	28,10	60,50	89,60	128,80
Preço Médio Ponderado	30,00	56,50	83,4	124,80

FONTE: RADAR POYRY, ANO 6, EDIÇÃO 3, 3º TRIMESTRE DE 2014

A TMA foi estipulada em 7% a.a. Para tal, considerou-se a inflação de 2014: 6,41% (BCB, 2015) mais a Taxa Referencial (TR), tornando-se semelhante ao rendimento da poupança (7,08%), que representa no país a aplicação financeira mais segura e de menor rentabilidade. O rendimento da poupança é de 0,5% mais a variação da Taxa de Referência mais a inflação, sempre que a SELIC está acima de 8,5% ao ano, o que aconteceu durante os seis primeiros meses de 2014.

Para a presente simulação foi considerado o custo da madeira em pé, mais as operações de corte, baldeio e carregamento.

Os custos dos desbastes e corte raso foram apurados com base nas informações das empresas na região. Assim, o preço médio do corte, transporte e carregamento varia de R\$23,00 a 27,00/m³, enquanto que o custo varia entre R\$18,00 a R\$20,00/m³. Os valores por intervenção estão descritos na TABELA 3.2:

TABELA 3.2 - PREÇO E CUSTO MÉDIO REGIONAL DE DESBASTES EM *Pinus taeda* NA REGIÃO DE SENGÉS, PARANÁ

Intervenção	Peso (%)	Preço (R\$/m³)	Custo (R\$/m³)
1º Desb	50 a 60	22,69	18,15
2º Desb	10 a 40	25,24	20,19
3º Desb	10 a 40	25,24	20,19
4º Desb	10 a 40	25,24	20,19
5º Desb	10 a 40	25,24	20,19
6º Desb	10 a 40	25,24	20,19
7º Desb	10 a 40	25,24	20,19
8º Desb	10 a 40	25,24	20,19

FONTE: O autor (2014)

Para os cálculos de viabilidade econômica não foi considerado o custo de aquisição da terra, mas o custo de arrendamento, uma vez que a empresa florestal tem como objetivo fundamental a produção e venda de madeira, não interessando a venda de terras. O valor anual considerado de arrendamento foi de 20 sacas de soja por alqueire, ou o equivalente a R\$450,00/ha. (ABTCP, 2014; GOLTZ, 2013; ASCP, 2015; AGROLINK, 2015).

Para efeito de indexação de custos e receitas afim de futura comparação com outros trabalhos, foi apurado o valor da cotação do dólar americano à época do levantamento dos custos e receitas: US\$1,00 = R\$2,6562 (BCB, 2014).

Uma vez apurados os custos, produção e renda, foram calculados os indicadores de viabilidade econômica dos três diferentes regimes de manejo.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.5.1 Custos de Implantação e Formação das Florestas

Os custos de implantação, formação e manejo para a região, foram apurados e calculados conforme a TABELA 3.3. Os dados mais detalhados, se encontram no APÊNDICE 3:

TABELA 3.3 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÃO E FORMAÇÃO DA FLORESTA DE *Pinus taeda* NA REGIÃO DE SENGÉS, PR

Ano	Ano / Descrição	Custo (R\$/ha)
0	Implantação	2.503,47
1	Manutenção	996,91
2	Manutenção e 1º Poda	1.121,44
3	Manutenção	810,37
4	Manutenção e 2º Poda	783,82
5	Manutenção	568,66
6	Manutenção e 3º Poda	749,58
7	Manutenção	749,58
8 ao 32	Manutenção	568,66

FONTE: O autor (2014)

#### 3.5.2 Custos das Podas

Conforme descrito na Metodologia, foram apurados os custos das podas para a região de estudo, visto na TABELA 3.4.

TABELA 3.4 - CUSTO DAS PODAS EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* NA REGIÃO DE SENGÉS, PR

CUSTO TOTAL ATUALIZADO (2009-2013)			
Poda	1º	2º	3º
por dia	R\$ 58,51	R\$ 111,41	R\$ 126,63
por ha	R\$ 231,01	R\$ 175,00	R\$ 180,92
por árvore	R\$ 0,29	R\$ 0,35	R\$ 0,36

FONTE: O autor (2014)

### 3.5.3 Custos de Colheita e Carregamento

O custo médio do corte, transporte e carregamento varia de R\$23,00 a 27,00/m<sup>3</sup>.

Como os desbastes variam expressivamente de peso, foi construída uma tabela de preços e custos, conforme pode ser verificado na TABELA 3.5.

Para efeito da simulação, foram considerados efetivamente os custos das operações, seguindo o mesmo raciocínio dos custos de implantação e formação das florestas.

TABELA 3.5 - PREÇO E CUSTO DOS DESBASTES E COLHEITA EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* NA REGIÃO DE SENGÉS, PR

Intervenção	Peso (%)	Preço (R\$/m <sup>3</sup> )	Custo (R\$/m <sup>3</sup> )
1ºDesb	50 a 60	22,69	18,15
2ºDesb	10 a 40	25,24	20,19
3ºDesb	10 a 40	25,24	20,19
4ºDesb	10 a 40	25,24	20,19
5ºDesb	10 a 40	25,24	20,19
6ºDesb	10 a 40	25,24	20,19
7ºDesb	10 a 40	25,24	20,19
8ºDesb	10 a 40	25,24	20,19
Corte Raso	100	20,78	16,62

FONTE: O autor (2014)

### 3.6.4 Preços da madeira em pé

Os preços regionais da madeira em pé apurados, segundo as diferentes bitolas estão na TABELA 3.6:

TABELA 3.6 - PREÇOS PRATICADOS NA REGIÃO DO ESTUDO PARA MADEIRA EM PÉ EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* POR SORTIMENTO NA REGIÃO DE SENGÉS, PR

Bitola (cm)	acima de 35	25 a 35	18 a 25	8 a 18	6 a 8
Especificação	Laminação	Serraria II	Serraria I	Celulose	Energia
Preços (R\$/m <sup>3</sup> )	128,60	92,00	61,10	35,80	0,00

FONTE: RADAR POYRY ANO 6 EDIÇÃO 3 3º TRIMESTRE 2014

### 3.5.5 Preços da madeira carregada

Para efeito da simulação foi considerado o preço da madeira em pé mais os custos de desbastes no corte e carregamento das toras nos caminhões, segundo as diferentes bitolas na TABELA 3.7.

TABELA 3.7 - PREÇOS PRATICADOS NA REGIÃO DO ESTUDO PARA TORAS CARREGADAS

Bitola (cm)	acima e 35	25 a 35	18 a 25	8 a 18	6 a 8
Especificação	Laminação	Serraria II	Serraria I	Celulose	Energia
Preços em pé (R\$/m³)	128,60	92,00	61,10	35,80	0
Preços carregado (R\$/m³)	148,79	112,19	81,29	55,99	0

FONTE: O autor (2014)

### 3.5.6 Simulação da Produção e Renda

Foi feita a simulação da produção no Programa Sis Pinus® segundo os parâmetros descritos na metodologia e com os dados levantados pela Equação de Reineke. Estes resultados estão detalhados no APÊNDICE 2.

A simulação da produção foi associada aos preços da madeira praticados na região, para o levantamento das rendas para cada tratamento segundo os desbastes e o corte raso.

Os resultados são apresentados nas TABELAS 3.8, 3.9 e 3.10.

TABELA 3.8 - PRODUÇÃO E RENDA/ha SIMULADA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	Produto (m³)	Laminação	Serraria II	Serraria I	Celulose	Total
<b>1º Desb</b>	Produção (m³)	0	0	3,1	105,1	117,1
8 anos	Despesas					R\$ 2.125,37
	Renda	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 252,00	R\$ 5.884,55	R\$ 6.136,55
<b>2º Desb</b>	Produção (m³)	0	0	9,3	14,6	24,5
11 anos	Despesas					R\$ 494,66
	Renda	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 756,00	R\$ 817,45	R\$ 1.573,45
<b>3º Desb</b>	Produção (m³)	0	2	19	8,1	29,6
13 anos	Despesas					R\$ 597,62
	Renda	R\$ 0,00	R\$ 224,38	R\$ 1.544,51	R\$ 453,52	R\$ 2.222,41
<b>4º Desb</b>	Produção (m³)	0	11,2	11,4	5,3	28,2
16 anos	Despesas					R\$ 569,36
	Renda	R\$ 0,00	R\$ 1.256,53	R\$ 926,71	R\$ 296,75	R\$ 2.479,98
<b>5º Desb</b>	Produção (m³)	1,2	16,9	8,4	3,7	30,3
18 anos	Despesas					R\$ 611,76
	Renda	R\$ 178,55	R\$ 1.896,01	R\$ 682,84	R\$ 207,16	2964,56
Intervenção	Produto (m³)	Laminação	Serraria II	Serraria I	Celulose	Total
<b>6º Desb</b>	Produção (m³)	6,2	20,3	7,1	2,9	36,7
22 anos	Despesas					R\$ 740,97
	Renda	R\$ 922,50	R\$ 2.277,46	R\$ 577,16	R\$ 162,37	R\$ 3.939,49
<b>7º Desb</b>	Produção (m³)	13,9	17,6	5,5	2,7	39,8
25 anos	Despesas					R\$ 803,64
	Renda	R\$ 2.068,18	R\$ 1.974,54	R\$ 447,10	R\$ 151,17	R\$ 4.640,99
<b>8º Desb</b>	Produção (m³)	13,6	12,1	2,8	1,9	30,5
28 anos	Despesas					R\$ 615,80
	Renda	R\$ 2.023,54	R\$ 1.357,50	R\$ 227,61	R\$ 106,38	R\$ 3.715,04
<b>Corte Raso</b>	Produção (m³)	298,9	150,4	35	24,6	511,1
30 anos	Despesas					R\$ 8.494,48
	Renda	R\$ 44.473,33	R\$ 16.873,38	R\$ 2.845,15	R\$ 1.377,35	R\$ 65.569,21
Volume Total	Produção (m³)	333,8	230,5	101,6	168,9	847,8
Renda Total		R\$ 49.666,10	R\$ 25.859,80	R\$ 8.259,06	R\$ 9.456,71	<b>R\$ 93.241,67</b>

FONTE: O autor (2014)



TABELA 3.9 - PRODUÇÃO E RENDA/ha SIMULADA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	Produto	Laminação	Serraria II	Serraria I	Celulose	Total
<b>1º Desb</b>	Produção (m³)	0	0	57,6	205,1	268,3
11 anos	Despesas					R\$ 4.869,65
	Renda	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$4.682,30	R\$ 1.483,55	R\$16.165,85
<b>2º Desb</b>	Produção (m³)	1	22,6	22,6	10,2	57
17 anos	Despesas					R\$ 1.150,83
	Renda	R\$ 148,79	R\$ 2.535,49	R\$1.837,15	R\$ 571,10	R\$ 5.092,54
<b>3º Desb</b>	Produção (m³)	14	31,6	13	5,5	64,4
22 anos	Despesas					R\$ 1.300,24
	Renda	R\$ 2.083,06	R\$ 3.545,20	R\$1.056,77	R\$ 307,95	R\$ 6.992,98
<b>4º Desb</b>	Produção (m³)	9,4	8,5	2,5	1,2	21,7
25 anos	Despesas					R\$ 438,12
	Renda	R\$ 1.398,63	R\$ 953,62	R\$ 203,23	R\$ 67,19	R\$ 2.622,65
<b>5º Desb</b>	Produção (m³)	11,6	6,5	2,3	1	21,5
28 anos	Despesas					R\$ 434,09
	Renda	R\$ 1.725,96	R\$ 729,24	R\$ 186,97	R\$ 55,99	R\$ 2.698,16
<b>6º Desb</b>	Produção (m³)	8,8	3,3	0,9	0,5	13,5
30 anos	Despesas					R\$ 272,57
	Renda	R\$ 1.309,35	R\$ 370,23	R\$ 73,16	R\$ 28,00	R\$ 1.780,74
<b>Corte Raso</b>	Produção (m³)	306,2	76,3	22,5	14	419,9
32 anos	Despesas					R\$ 6.978,74
	Renda	R\$45.559,50	R\$ 8.560,10	R\$1.829,03	R\$ 783,86	R\$56.732,48
Volume TT	Produção (m³)	351	148,8	121,4	237,5	866,3
Renda Total		R\$52.225,29	R\$16.693,87	R\$9.868,61	R\$13.297,63	<b>R\$92.085,39</b>

FONTE: O autor (2014)

TABELA 3.10 - PRODUÇÃO E RENDA/ha SIMULADA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 36 ANOS EM SENGÉS-PR

Intervenção	Produto	Laminação	Serraria II	Serraria I	Celulose	Total
<b>1º Desb</b>	Produção (m³)	0	0	12,1	144,7	163,2
11 anos	Despesas					R\$ 2.962,08
	Renda	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 983,61	R\$8.101,75	R\$ 9.085,36
<b>2º Desb</b>	Produção (m³)	0,2	30,9	81,1	40,6	154,8
18 anos	Despesas					R\$ 3.125,41
	Renda	R\$ 29,76	R\$ 3.466,67	R\$ 6.592,62	R\$2.273,19	R\$ 12.362,24
<b>3º Desb</b>	Produção (m³)	2,8	27,6	15,8	6,6	53,1
25 anos	Despesas					R\$ 1.072,09
	Renda	R\$ 416,61	R\$ 3.096,44	R\$ 1.284,38	R\$ 369,53	R\$ 5.166,97
<b>4º Desb</b>	Produção (m³)	21,1	40,6	14,9	6	83,1
31 anos	Despesas					R\$ 1.677,79
	Renda	R\$ 3.139,47	R\$ 4.554,91	R\$ 1.211,22	R\$ 335,94	R\$ 9.241,54
<b>Corte Raso</b>	Produção (m³)	269,8	188,3	61,3	28,6	549,9
36 anos	Despesas					R\$ 9.139,34
	Renda	R\$40.143,54	R\$21.125,38	R\$ 4.983,08	R\$1.601,31	R\$ 67.853,31
Volume TT	Produção (m³)	293,9	287,4	185,2	226,5	1004,1
Renda TT		R\$43.729,38	R\$32.243,41	R\$15.054,91	R\$12.681,74	<b>R\$103.709,43</b>

Fonte: O autor (2014)

Entre os três tratamentos propostos, o Tratamento 3 apresentou maior renda com R\$103.709,43, seguido do Tratamento 1, com R\$ 93.241,67, e o Tratamento 2, com R\$92.085,39. Note-se que os três tratamentos têm ciclos de produção diferentes, assim como diferentes números de intervenções, no entanto, a renda dos Tratamentos 1 e 2 ficou muito próxima, com uma diferença de R\$1.156,28, ou em termos relativos, 1,26%.

Para estabelecer critérios técnicos de decisão, foi utilizado o fluxo de caixa e a análise de investimento.

### 3.5.7 Fluxos de Caixa

Considerando as operações de implantação da floresta, despesas e receitas de desbastes e corte raso, para cada tratamento foi apurado o fluxo de caixa.

O fluxo de caixa do povoamento de *Pinus taeda* com 30 anos é apresentado na TABELA 3.11.

TABELA 3.11 - FLUXO DE CAIXA SIMULADO EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS EM SENGÉS-PR

Fluxo de Caixa – Tratamento 1			
ANO	DESPESAS	RECEITAS	RECEITAS - DESPESAS
0	2.503,47	0	-2.503,47
1	996,91		-996,91
2	1.121,44		-1.121,44
3	810,37		-810,37
4	783,82		-783,82
5	568,66		-568,66
6	749,58		-749,58
7	568,66		-568,66
8	2.694,57	6136,55	3.441,98
9	568,66		-568,66
10	568,66		-568,66
11	1.063,31	1573,45	510,14
12	568,66		-568,66
13	1.166,34	2222,41	1.056,07
14	568,66		-568,66
15	568,66		-568,66
16	1.138,07	2479,98	1.341,91
17	568,66		-568,66
18	1.180,48	2964,56	1.784,08
19	568,66		-568,66
20	568,66		-568,66
21	568,66		-568,66
22	1.309,63	3.939,49	2.629,86
23	568,66		-568,66
24	568,66		-568,66
25	1.372,30	4.640,99	3.268,69
26	568,66		-568,66
27	568,66		-568,66
28	1.184,46	3.715,04	2.530,58
29	568,66		-568,66
30	9.040,46	65.569,21	56.528,75

FONTE: O autor (2014)

Percebe-se que na ocasião do primeiro desbaste deu-se saldo positivo no fluxo de caixa o que não é muito comum devido aos altos custos e o volume individual médio das árvores ser pequeno. No entanto, a intervenção teve um peso de 65% do número de árvores o que compensou o baixo volume individual. Os

demais desbastes tiveram um peso baixo, de 16% a 8% em relação ao número de árvores, então o fluxo de caixa foi positivo pela maior dimensão das árvores. O aspecto do fluxo de caixa positivo é o desejável pela empresa, o que também viabiliza o maior número de desbastes.

O fluxo de caixa do povoamento de *Pinus taeda* com 32 anos é apresentado na TABELA 3.12.

TABELA 3.12 - FLUXO DE CAIXA SIMULADO EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 32 ANOS EM SENGÉS-PR

Fluxo de Caixa - Tratamento 2			
Ano	DESPEASAS	RECEITAS	RECEITAS - DESPEASAS
0	2.503,47		-2.503,47
1	996,91		-996,91
2	1.121,44		-1.121,44
3	1.012,21		-1.012,21
4	783,82		-783,82
5	1.352,48		-1.352,48
6	749,58		-749,58
7	568,66		-568,66
8	568,66		-568,66
9	568,66		-568,66
10	366,82		-366,82
11	5.438,30	16.165,85	10.727,55
12	568,66		-568,66
13	568,66		-568,66
14	568,66		-568,66
15	568,66		-568,66
16	568,66		-568,66
17	1.719,49	5.092,54	3.373,05
18	568,66		-568,66
19	568,66		-568,66
20	568,66		-568,66
21	568,66		-568,66
22	1.868,89	6.992,98	5.124,08
23	568,66		-568,66
24	568,66		-568,66
25	1.006,78	2.622,65	1.615,87
26	568,66		-568,66
27	568,66		-568,66
28	1.002,74	2.698,16	1.695,41
29	568,66		-568,66
30	841,22	1.780,74	939,51
31	568,66		-568,66
32	7.547,40	56.732,48	49.185,08

FONTE: O autor (2014)

Da mesma forma que no Tratamento 1, o Tratamento 2 na ocasião do primeiro desbaste deu-se saldo positivo no fluxo de caixa. Esta intervenção teve um peso de 80% do número de árvores o que compensou o baixo volume médio individual (vmi). Uma intervenção com peso tão elevado não é comum em regimes

de manejo, uma vez que a densidade de árvores remanescentes fica baixíssima, o que pode levar à subutilização do potencial do sítio por um longo período, além de risco de perdas de árvores por ventos.

Os demais desbastes tiveram um peso baixo, de 26% a 4% em relação ao número de árvores e fluxo de caixa positivo provavelmente pela maior dimensão das árvores.

O fluxo de caixa do povoamento de *Pinus taeda* com 36 anos é apresentado na TABELA 3.13.

TABELA 3.13 - FLUXO DE CAIXA SIMULADO EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 36 ANOS EM SENGÉS-PR

Fluxo de Caixa - Tratamento 3			
ANO	DESPESAS	RECEITAS	RECEITAS – DESPESAS
0	2.503,47		-2.503,47
1	996,91		-996,91
2	1.121,44		-1.121,44
3	1.012,21		-1.012,21
4	783,82		-783,82
5	568,66		-568,66
6	749,58		-749,58
7	568,66		-568,66
8	568,66		-568,66
9	568,66		-568,66
10	568,66		-568,66
11	3.530,74	9.085,36	5.554,62
12	568,66		-568,66
13	568,66		-568,66
14	568,66		-568,66
15	568,66		-568,66
16	568,66		-568,66
17	568,66		-568,66
18	3.694,07	12.362,24	8.668,17
19	568,66		-568,66
20	568,66		-568,66
21	568,66		-568,66
22	568,66		-568,66
23	568,66		-568,66
24	568,66		-568,66
25	1.640,75	5166,97	3.526,22
26	568,66		-568,66
27	568,66		-568,66
28	568,66		-568,66
29	568,66		-568,66
30	568,66		-568,66
31	2.246,45	9.241,54	6.995,10
32	568,66		-568,66
33	568,66		-568,66
34	568,66		-568,66
35	568,66		-568,66
36	9.685,32	67.853,31	58.167,99

FONTE: O autor (2014)

Também neste tratamento na ocasião do primeiro desbaste deu-se saldo positivo no fluxo de caixa. Este comportamento pode ser explicado pelo tempo para ocorrer essa intervenção: 11 anos, havendo tempo para a floresta produzir madeira de maiores diâmetros. Esta primeira intervenção teve um peso 57% do número de árvores. Os demais desbastes tiveram um peso de 43% a 19% em relação ao número de árvores e fluxo de caixa positivo.

Com relação à renda, o Tratamento 1 teve uma renda líquida de R\$ 56.528,75, renda gerada em 30 anos, com 8 desbastes, enquanto que o Tratamento 2 apresentou uma renda líquida de R\$49.185,08 em 32 anos com 6 desbastes. O Tratamento 3, com 36 anos e 4 desbastes gerou uma renda líquida de R\$58.167,99.

A maior diferença das rendas na casa de R\$8.982,91 entre os Tratamentos 3 e 2 não foi tão expressiva, considerando que o ciclo de produção variou em 4 anos e o número de desbastes variou em 2 .

Para dirimir qualquer dúvida com relação à eficiência dos investimentos, procedeu-se a análise dos investimentos pelos indicadores de viabilidade econômica.

### 3.5.8 Indicadores de Investimento

Segundo os Regimes de Manejo propostos e os custos apurados, considerando uma TMA de 7%, os indicadores para a análise do investimento são apresentados na TABELA 3.14.

TABELA 3.14 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE DE INVESTIMENTO EM TRÊS REGIMES DE MANEJO EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda*, SENGÉS-PR

Indicador	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
VPL	R\$3.335,01	R\$2.868,33	R\$1.020,72
VPLA	R\$268,76	R\$226,81	R\$78,30
TIR	8,85%	8,66%	7,54%

FONTE: O autor (2014)

Considerando os longos ciclos de produção, os resultados do VPL comparativamente com os resultados dos tratamentos foram bem inferiores que os obtidos por Vitale e Miranda (2010). Para aqueles autores os valores de VPLA de R\$3.200,87, consideraram um horizonte de 17 anos, com poda e dois desbastes, a



uma TMA de 6,75%. Obviamente valores tão mais expressivos em relação ao presente estudo se justificam pela diferença na TMA uma vez que quanto maior a TMA, menor será a rentabilidade, corroborando com Almeida (2012). Outra explicação é o tempo do ciclo de produção: 17 anos para Vitale e Miranda (2010), contra 30, 32 e 36 anos no presente estudo.

O Tratamento 3 por ter um ciclo maior que os demais – 36 anos, apresentou os piores resultados nos três indicadores. Isso provavelmente se deve ao maior tempo para a produção, que representam custos financeiros maiores conforme afirmado por Magalhães et al. (2014).

O Tratamento 2 apresentou resultados intermediários em relação aos demais; no entanto muito próximo aos resultados do Tratamento 1.

O Tratamento 1, com rotação de 30 anos e oito desbastes apresentou os melhores resultados nos três indicadores da avaliação. VPL de R\$3.335,01, VPLA de R\$268,76, foram os melhores resultados de acordo com o critério descrito por Ferreira (2001). Com relação à TIR, apresentou resultado positivo, uma vez que a TMA de 7% é inferior à TIR calculada, de 8,85%.

Apesar de os Tratamento 1 e 2 terem rotações diferentes: 30 anos e 32 anos, e diferentes números de desbastes – 8 e 6 respectivamente, a TIR se manteve no patamar de 8%, superior à TMA. Se a TIR é maior que a TMA, então o investimento é atraente.

Neste caso específico, o indicador que define o Tratamento mais viável é o que tem o menor ciclo de produção, sendo então o Tratamento 1, com 30 anos (BERGER, 2007).

Com relação aos autores citados, os resultados da presente pesquisa são valores díspares dos indicadores VPL, VPLA e TIR: Stall (2012) VPL de R\$ 664,50 a R\$611,36 em povoamento de 14 a 20 anos; Schneider (2012) VPL de R\$15.587,60 em povoamento com três desbastes e corte raso aos 25 anos; Penha (2011) VPL de R\$7.597,68 num ciclo de 17 anos; Gonçalves (2004) VPL de R\$6.106,78; Pezzuti (2011) VPL de R\$1.973,97 com densidade inicial de 833 árvores/ha e ciclo de 15 anos; Coelho e Coelho (2012) VPL de R\$8.089,92 a R\$9.794,54 considerando dois desbastes e corte raso aos 21; Folmann (2011) chegou a valores de VPL de - R\$1.023,39 a R\$2.606,32.

Schneider (2012), com VPLA de R\$1.380,10 considerando ciclos de 22 a 28 anos e três desbastes; Rode et al. (2015), VPLA de R\$421,88, a R\$791,34.

Berger (2011), TIR entre 21,2% a 23,5% num ciclo de produção de 21 anos; Rodigheri (1997), TIR de 17,09 % considerando o plantio de 1667 árvores/ha; Schneider (2012), 14,83% para uma rotação de 22 anos e três desbastes; Penha (2011), TIR de 10% com rotação de 17 anos; Pezzutti (2011) chegou a uma TIR 11,9% considerando a densidade inicial de 833 mudas/ha, poda e corte raso aos 15 anos; Coelho e Coelho (2012), TIR entre 17,80% e 19,32% para ciclo de 21 anos e dois desbastes, Folmann (2011) chegou a valores de TIR de 5,4% a 10,2% em diferentes regimes de manejo.

A que se considerar a TMA utilizada, o período do investimento, as operações e os custos, a densidade do plantio e a produtividade das florestas (sítio). Todos estes fatores impactam diretamente na rentabilidade do investimento. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008); STALL, (2012); (COELHO; COELHO, 2012); (RODIGHERI;1997); (MALINOVSKI et al., 2006).

Considerando que os três regimes de manejo apresentam tempos diferentes na produção da madeira: 30, 32 e 36 anos, é inviável a utilização de outro indicador de avaliação econômica, senão o VPLA, pois este indicador apresenta os valores anualizados líquidos do investimento. Portanto é possível a sua utilização comparando-se diferentes ciclos de produção. (BERGER; PADILHA, 2005).

A partir desta afirmativa, o melhor investimento foi o Tratamento 1 / 8 Desbastes – 30 anos, com maior VPLA, R\$268,76, considerando-se a utilização racional dos recursos financeiros visando a maximização da produção e renda.

### 3.6 CONCLUSÕES

Considerando a apuração dos custos e receitas dos povoamentos, conclui-se que:

- a. O Tratamento que apresentou melhor viabilidade econômica foi o Tratamento 1, a partir da avaliação do VPLA, uma vez que os Tratamentos têm diferentes ciclos de produção, o único indicador de viabilidade econômica que permite a avaliação de projetos com diferentes horizontes de investimentos.
- b. O Tratamento com ciclo mais curto apresentou melhor desempenho na viabilidade econômica. O Tratamento 1, melhor avaliado pelo VPLA apresentou uma TIR de 8,85%, considerando a TMA de 7%.

## REFERENCIAS

ALMEIDA, F. R. Reavaliando a relação entre decisão de investimento e taxa de juros. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 12., São Paulo, 2009. **Anais...** São Paulo: SEMEAD, 2009.

ANTONIK, L. A., Risco e investimento nas micro e pequenas empresas. **Revista FAE**, 2004.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL  
**Propflora**. Disponível em:  
<<http://www.bndes.gov.br/programas/agropecuarios/propflora.asp>>. Acesso em: 24 mar. 2013.

BARBIERI, J. C. ÁLVARES, A. C. T.; MACHLINE, C. Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações. **Revista GEPROS** – Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Disponível em :  
<<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/articl>> Acesso em: 14 ago. 2015

BARBOSA, R. H. S. **Análise técnica e econômica em um plantio de eucalipto submetido a regime de desbaste**. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro. 2014

BERGER, R.; PADILHA, J.B. **Economia Florestal**. Curitiba: Editora UFPR, 2005

BERGER, R. ; TIMOFEICZYK JR., R.; SANTOS, A. J.; BITTENCOURT, A. M.; SOUZA, V. S.; EISFELD, C. L.; POLZ, W. B. Rentabilidade Econômica da Produção de *Pinus* spp. por Mesorregião Homogênea no Estado do Paraná. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 161-168, jan./mar. 2011.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. **Principles of Corporate Finance**. Columbus: Mc Graw Hill, 2003.

BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. **Fundamentos da Moderna Administração Financeira** . Rio de Janeiro: Campus, 1999

BURGER, D. **Ordenamento Florestal 1: A Produção Florestal**. 4. ed. Curitiba: FUPEF, 1980. 124 p.

CASAROTTO, N.; KOPITKE, B. H.; **Análise de Investimentos**. 6ª edição. Atlas. 1994

COELHO, M. H.; COELHO, M. R. F. Potencialidades econômicas de florestas plantadas de *Pinus elliottii* em pequenas propriedades rurais **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.123, p.257-278, jul./dez. 2012

DAMODARAN, A. **Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any assets**. New York: Wiley, 2002

DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003. 630 p.

ENDLER, L. Avaliação de empresas pelo método de fluxo de caixa descontado e os desvios causados pela utilização de taxas de desconto inadequadas. **ConTexto**, Porto Alegre, v. 4, n. 6, 2004.

FERREIRA, J. A. S. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007

FLORIANO, E. P. **Subsídios para o planejamento da produção de *Pinus elliottii* Engelm. na serra do sudeste, Rio Grande do Sul**. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2008.

FOLMANN, W. T. **Viabilidade econômica de plantios de *Pinus taeda* L. Em duas mesorregiões do estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em ciências Florestais) Universidade Estadual Do Centro-Oeste, Unicentro-Pr; 2011

FOSTER, B.B. Multiple discount rates for evaluating public forest investments. **For. Chro.** , 55: 17 - 20, 1979.

GASTALDI, H. L. G.; MINARDI, A. M. A. F. **Opções Reais em Investimentos Florestais** Insper Working Paper WPE: 287/2012

GIANOLI, E. **Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas**. En: H.M. Cabrera, editor. Fisiologia ecológica em plantas. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. p. 13-25.

GONÇALVES, M. **Avaliação de investimento em reflorestamento de *pinus* sob condições de incerteza**. Curitiba. 113 f. Dissertação. (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia). Universidade Federal do Paraná, 2004.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Editora UFPR, 2008. 162 p.

HELLIWELL, D.R. Discount rates in land - use planning. **Forestry**, 47(2) : 147 - 52, 1974.

LIMA JÚNIOR, V.B.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. O.; Determinação da Taxa de Desconto a Ser Usada na Análise Econômica de Projetos Florestais. **Cerne**. Lavras, v.3, n.1, p.45 – 66, 1997

MAGALHÃES, J. G. S.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T.; REGO, L. J. S. Análise Econômica de Sistemas Agroflorestais via Uso de Equações Diferenciais. **Revista Árvore**, Viçosa. v.38, n.1, p. 73-79. 2014.

MALINOVSKI, R. A.; BERGER, R.; SILVA, I. C.; BARREIROS, R. M. Viabilidade Econômica de Reflorestamentos em Áreas Limítrofes de Pequenas Propriedades

Rurais no Município de São José dos Pinhais – Pr. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, mai./ago. 2006.

MANNING, G.H. Evaluating public forestry investments in British Columbia: the choice of discount rates. **For. Chron.** , 53:155 - 8, 1977.

MENDES, V. H. **Análise da viabilidade econômica da cultura do Guanandi : um estudo de caso no Município de Prudentópolis (PR)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração. Curso de Especialização em Gestão de Negócios Financeiros.; 2012

NORONHA, J. F. e DUARTE, L. **Avaliação de projetos de investimentos na empresa agropecuária**. In: AIDAR, A. C. K. Administração Rural. São Paulo: Paulicéia, 1995

OLIVEIRA, E. B. de. **Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. 134 p. Tese (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 1995.

OLIVEIRA, E. B. Softwares “SIS” para Manejo e Análise Econômica de Florestas Plantadas. 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura. **Anais**. 2014

OLIVEIRA, E. B.; CARDOSO, D. J.; FRANCISCO, L. **Silvicultura de precisão em unidades de manejo de plantações florestais**. Disponível em <[www.ainfo.cnptia.embrapa.br](http://www.ainfo.cnptia.embrapa.br)> Acesso em 24 abr. 2015

PEZZUTTI, R. V. CRESCIMENTO E RENTABILIDADE DE PLANTIOS DE *Pinus taeda* L. NA MARGEM DO RIO URUGUAI, Argentina. In: 4º Simpósio Latino-americano sobre Manejo florestal., 2008, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM.

PEZZUTTI, R. V. **Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino** . 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

PINHO, D. B. **Manual de Economia** – equipe de professores da USP. São Paulo: Saraiva, 2003

RADAR PÖYRY SILVICONSLT, **Mercado Florestal Brasileiro**. 3 ed. ano 6, 3º Trimestre 2014. Curitiba.

REZENDE, J. L. P. **Application of benefit-cost analysis to forestry investment problems**. Toronto, University of Toronto, 1982. 190 f. (Tese Ph.D.)

REZENDE, J. L. P.; BARROS, A. A. A.; OLIVEIRA, A. D. Tratamento da inflação nos programas de investimentos florestais. **Revista Árvore**. v.7, n.1, p. 44 - 55, 1983

REZENDE, J. L. P. **Avaliação de Projetos Florestais**. Imprensa Universitária/Viçosa – MG. 1995

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 389 p.

RODIGHERI, H. R. Florestas como alternativa de aumento de emprego e renda na propriedade rural. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 2000. 13p. **Circular técnica, n.42**.

RODE, R.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, M. L. R.; BINOTI, D. H. B.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SOUZA, A. L.; COSENZA, D. N. Comparação da regulação florestal de projetos de fomento com áreas próprias de empresas florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 35(81), 11-19. 2015

ROSSETTI, J.P. **Introdução à Economia**. 19 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SAMUELSON, P. A.; NORDHAUS, W.; **Economia**, 12<sup>a</sup> ed., trad, port., Lisboa, 1992, pp.126 e s.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: Fupet, 1996. 49 f.

SCHNEIDER, P. S. P. **Estrutura bioeconômica da produção no manejo da densidade de *Pinus taeda* L. na região do Planalto Catarinense**, Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade de Santa Maria. Santa Maria - RS. 2012.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os Critérios de Avaliação Econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET) R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.931-936, 2005.

SILVA, A. L.; CARDOSO, E. A. C.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L. Análise de Viabilidade Econômica de Três Sistemas Produtivos de Carvão Vegetal por Diferentes Métodos. Revista **Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.185-193, 2014

SCOLFORO, J. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n11, 2001

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SPIECKER, H. (1975). **Métodos da pesquisa operacional com aplicação em manejo florestal**. UFPR, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia Florestal.

SPONHOLZ, I. K.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; OLIVEIRA, E. B. Espacialização da produção florestal por sortimento de madeira. Pesquisa Florestal Brasileira **Brazilian Journal of Forestry Research** Disponível em. <[www.cnpf.embrapa.br/pfb](http://www.cnpf.embrapa.br/pfb)> . Acesso em 15 abr. 2013

STALL, D. **Avaliação econômica e análise de sensibilidade de regimes de manejo em florestas de *Pinus taeda* L. no planalto serrano de Santa Catarina**.

97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Escola de Florestas. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

SZMRECSÁNYI, T. John Mayard Keynes: **Economia**. São Paulo, Ática, 1978. 223 p

VASCONCELLOS, M. A. S. **Economia: Micro e Macro**. 3ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

WEBER, A.; **Tratado de Economia Política**, trad. esp., 4 vols., Barcelona, 1935-1941, II, pp. 9-20 e 61-72

WENDLING, W. T. **Sistema computacional e modelagem para Simulação dinâmica da produção florestal**. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2007.



#### **4 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E FORMAÇÃO DE PREÇOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA DE *Pinus taeda* L.**

## 4.1 INTRODUÇÃO

A análise de sensibilidade é uma ferramenta associada a processos decisórios em análise de viabilidade econômica de projetos. Tem o objetivo de medir as variáveis que compõem o investimento e aferir quais são as críticas quanto ao grau de incerteza da inversão.

Em projetos na área florestal é de fundamental importância a análise de sensibilidade, uma vez que os ciclos de produção são de no mínimo sete anos, podendo chegar a vinte a vinte e cinco anos e qualquer mudança do cenário econômico, institucional ou político pode alavancar ou levar à inviabilidade do projeto. Mudanças de mercado também são importantes na composição desta análise.

O presente estudo avalia a sensibilidade do investimento em povoamento de *Pinus taeda* L. manejado em ciclo longo, com 30 anos, e uma quantidade de desbastes diferenciada, uma vez que são oito intervenções.

Um investimento com estas características: rotação de 30 anos, 3 podas e 8 desbastes - é relativamente diferenciado no mercado, uma vez que somente duas regiões do Brasil têm características semelhantes: União da Vitória, no Paraná e Lages, em Santa Catarina, regiões de demandas bem específicas.

Na presente análise, a variação de preços de toras na simulação da valoração da madeira, foi determinante na maior viabilidade econômica do investimento. A literatura cita valoração a partir de 20% até acima de 100% para madeira podada.

Avaliar portanto, o limite econômico de um investimento deste porte é de fundamental importância para o processo decisório num regime de manejo com características diferenciadas às do mercado madeireiro nacional.

## 4.2 OBJETIVOS

Foram estabelecidos os objetivos geral e específicos para a concretização do estudo.

### 4.2.1 Objetivo Geral

Propor e analisar cenários de formação de preços de madeira de *Pinus taeda* L. em regime de manejo com 3 podas, rotação de 30 anos e 8 desbastes

### 4.2.2 Objetivos Específicos

- a. Avaliar o limite de viabilidade econômica do manejo de um povoamento de *Pinus taeda* L. com 30 anos e 8 desbastes, através do VPL e TMA;
- b. Propor cenários de viabilidade de investimento a partir da valorização da madeira de *Pinus taeda* L. ;
- c. Analisar os cenários e propor melhor preço de venda de toras de *Pinus taeda* L.

### 4.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica dá o embasamento teórico para o presente estudo.

#### 4.3.1 Fluxo de Caixa

Segundo o SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE (2008), o fluxo de caixa é um instrumento de gestão de controle e de informação de todas as movimentações financeiras de um determinado período de tempo (diário, mensal ou anual) composto pelas receitas e despesas e de todos os outros elementos que representem movimentações financeiras da empresa.

Erbano et al. (2013) mencionam que um sistema de fluxo de caixa permite ao gestor planejar, organizar, dirigir, coordenar e controlar os recursos financeiros de uma empresa dentro de um determinado período.

Por meio do fluxo de caixa são apuradas as informações sobre a liquidez empresarial; na sua concepção ele deve receber estreita atenção dos gestores para que represente efetivamente o rol de informações que expressem a situação financeira da empresa. Da mesma forma há que se ter cuidado especial ao alimentar o fluxo de caixa com as informações mais reais possíveis para que as decisões sejam tomadas com plena ciência da situação financeira da empresa. (GIMENES, 2011).

O fluxo de caixa pode ser basicamente: Planejado ou Projetado e, Fluxo de Caixa Real. O Fluxo de Caixa Projetado envolve valores de simulações de investimentos, enquanto que o Fluxo de Caixa Real envolve valores já ocorridos. (TÓFOLI, 2008).

No caso de estudos de viabilidade econômica de projetos florestais, o usual é o Fluxo de Caixa Projetado Descontado, onde além de uma simulação das receitas e despesas futuras, antecipa-os ao momento presente a uma determinada taxa de atratividade (TMA).

Para a determinação do fluxo de caixa, são feitas estimativas ou levantamentos dos preços vigentes tanto dos insumos quanto dos preços de venda do produto final e quantidades produzidas. (BRIGHAM; HOUSTON, 1999)

No Modelo de Fluxo Descontado, as receitas sofrem desconto pela taxa de atratividade, que expressa oportunidades renunciadas, pelo investimento que foi

escolhido. A estas oportunidades renunciadas, chama-se de Custo de Oportunidade. (SOUZA; CLEMENTE, 2004). Então neste modelo de análise o investimento deve ter no mínimo a rentabilidade semelhante ao custo de oportunidade.

#### 4.3.2 Análise da Sensibilidade

Embora o VALOR PRESENTE LÍQUIDO - VPL seja o indicador mais aceito e mais indicado para decisão a respeito de investimentos futuros, por mais que o fluxo de caixa retrate com fidelidade a situação de receitas e despesas, ele não pode prever com exatidão os riscos e incertezas de projetos de longo prazo como os da área florestal.

Para Fonseca (2011) é necessário fazer a Análise de Risco para identificar os pontos frágeis do projeto ou segundo determinados eventos negativos do mercado, e também verificar o comportamento da rentabilidade do investimento.

A Análise de Sensibilidade é uma ferramenta de gestão de investimento que analisa as variáveis mais significativas do empreendimento. Através destas variáveis é analisado o comportamento do VPL e/ou da TIR a partir de mudanças das variáveis em uma análise *coeteris paribus*. (FONSECA, 2011).

Esta análise pressupõe a escolha de variáveis significativas do empreendimento: receitas, custos variáveis, custos fixos, investimento e custo de capital. (SIMIONI, 2006).

Na análise de sensibilidade são criados novos cenários econômicos. A partir destes cenários são calculados o VPL e a TIR. O comportamento dos indicadores, segundo a maior ou menor alteração das variáveis vai determinar qual e como estas influenciam no resultado final, no impacto na viabilidade do projeto. (SILVA, 2013).

A formação de cenários é uma ferramenta que diminui as limitações da análise de sensibilidade quando as variáveis são interrelacionadas.

Pela análise de sensibilidade é possível identificar limitações na base de informações para os cálculos de viabilidade e proporcionar uma visão mais clara sobre os riscos do projeto. Além disto, identifica, conforme o seu nome, qual a sensibilidade do investimento a determinadas situações, de custos, preços, ciclo de produção, etc. (SILVA, 2013).

#### 4.3.3 Formação de Preço

Para prosperar, uma empresa precisa precisão nas informações que são levadas aos gestores ao longo dos processos decisórios, que são originadas tanto no ambiente externo como no interno da empresa. As informações do ambiente externo são: comportamento do mercado, demandas, poder aquisitivo da população, inflação setorial e nacional, produtos substitutos, ambiente institucional. As informações de caráter interno dizem respeito aos custos fixos, variáveis, disponibilidade de matéria-prima, qualidade da matéria-prima. Todos estes fatores são considerados no processo decisório da composição de preços de venda de produtos. (SANTOS, 1988).

O preço de venda de um produto deve expressar as estratégias e os objetivos da empresa, basear-se no mercado, para estabelecer o maior lucro possível a longo prazo. (FERREIRA, 2007).

No caso de empresas florestais, considerando as peculiaridades do setor, boa parte são oligopólios, estrutura de mercado onde existem poucos produtores de um determinado produto; abrangem grandes extensões territoriais, muitas vezes alcançando vários municípios, influenciam diretamente no preço de venda de seus produtos.

Conforme Graça, Rodigheri e Couto (2000), em geral as grandes empresas florestais compram grandes áreas para reflorestamento, ou áreas já plantadas. Também compram madeira de terceiros a um custo mais baixo que o custo de produção própria. Com isto usam como estratégia a utilização de seus estoques de madeira própria para produtos mais nobres e valiosos ou para suprir demandas futuras mais atrativas economicamente.

Segundo Kotler (1992), efetivamente o preço é determinado para o custo, para a demanda e para a concorrência. Já o preço de venda baseia-se também na possibilidade de agregar valor ao produto, e no caso específico de empreendimentos florestais, as possibilidades são melhorar a qualidade da madeira através dos tratamentos silviculturais de poda e desbaste e a certificação florestal.

Da mesma forma, indicadores de preços de madeira em tora expressam sempre a maior valorização de toras de grandes dimensões, como pode ser visto no CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO do presente estudo.

Cardoso (2009) avalia que a expectativa de preço de toras que sofreram poda é igual ou superior a 100% do valor da madeira do mesmo sortimento sem poda.

De acordo com Bargas (2012) a operação de poda das árvores reflete um ganho no preço de toras acima de 25cm de diâmetro, e especialmente as toras do corte raso, em torno de 22%.

#### 4.4 MATERIAIS E MÉTODO

Primeiramente foi realizada a análise do limite de viabilidade do investimento, considerando diferentes TAXAS MÍNIMA DE ATRATIVIDADE - TMA's. As simulações partiram de uma TMA de 6%, sendo acrescidas de 0,5p.p e calculadas ano a ano e seguiram até que o VPL foi igualado a zero.

Em seguida foi realizada a análise da sensibilidade considerando a valorização no preço da madeira podada. Para a simulação foram propostas a valorização da madeira em toras de 10%, 20%, 30%, 50%, 70% e 100% em relação aos preços de mercado na data de coleta dos dados para os sortimentos de toras de diâmetros acima de 35cm, denominada – Laminação, e entre 25cm e 35cm, denominada – Serraria I. Para a madeira mais fina, não foi acrescentado valor, uma vez que a poda não alcançaria as toras considerando estes diâmetros de toras.

Para a simulação foi adotada a mesma TMA de 7%. Foram calculados o VPL e TIR para cada novo cenário comparando-os até percentual proposto por Cardoso (2009) de acréscimo de 100% sobre o valor de toras sem poda.



## 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados e discutidos os resultados do estudo.

### 4.5.1 Fluxo de Caixa para um Povoamento de *Pinus taeda* L. com rotação de 30 anos e 8 Desbastes na Região de Sengés - PR

Para melhor compreensão da formação de despesas e receitas no povoamento escolhido como o de melhor resultado econômico, é apresentado abaixo o Fluxo de Caixa, conforme as afirmações de Gimenes, (2011) quando aborda a importância do fluxo de caixa como subsídio para a tomada de decisões da empresa (TABELA 4.1):

TABELA 4.1 - FLUXO DE CAIXA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* COM 30 ANOS E 8 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS, PARANÁ:

ANO	DESPESAS	RECEITAS	RECEITAS - DESPESAS
0	2.503,47		-2.503,47
1	996,91		-996,91
2	1.121,44		-1.121,44
3	810,37		-810,37
4	783,82		-783,82
5	568,66		-568,66
6	749,58		-749,58
7	568,66		-568,66
8	2.694,57	6.136,55	3.441,98
9	568,66		-568,66
10	568,66		-568,66
11	1.063,31	1.573,45	510,14
12	568,66		-568,66
13	1.166,34	2.222,41	1.056,07
14	568,66		-568,66
15	568,66		-568,66
16	1.138,07	2.479,98	1.341,91
17	568,66		-568,66
18	1.180,48	2.964,56	1.784,08
19	568,66		-568,66
20	568,66		-568,66
21	568,66		-568,66
22	1.309,63	3.939,49	2.629,86
23	568,66		-568,66
24	568,66		-568,66
25	1.372,30	4.640,99	3.268,69
26	568,66		-568,66
27	568,66		-568,66
28	1.184,46	3.715,04	2.530,58
29	568,66		-568,66
30	9.040,46	65.569,21	56.528,75

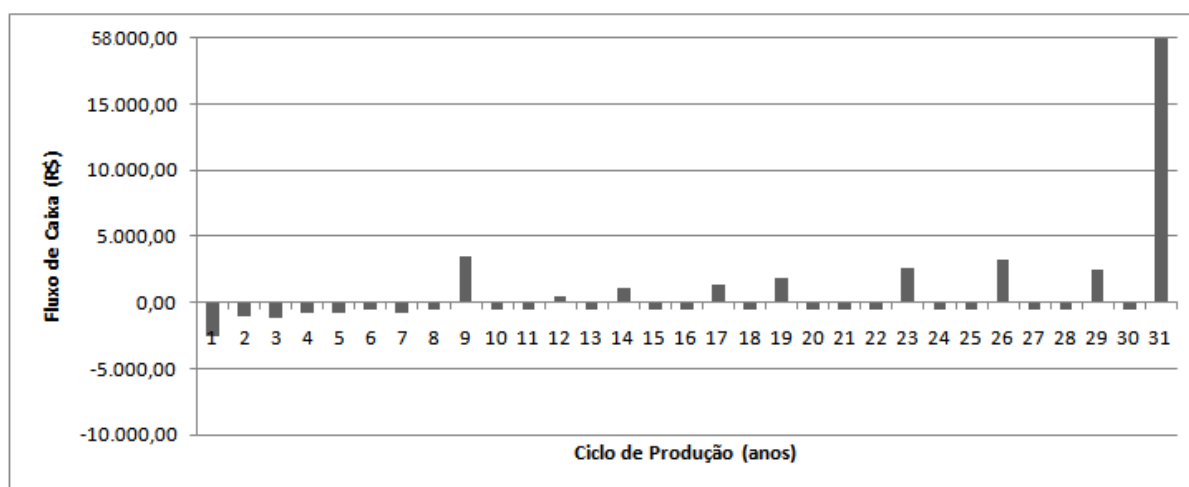
FONTE: O autor (2015)

Como pode ser observado as despesas sem receitas correspondentes ocorrem especialmente entre os anos zero e sete. A partir daí as receitas oriundas dos desbastes ocorrem de forma constante em períodos que variam de 2 a 4 anos. Como o primeiro desbaste é pesado, há receita suficiente para dar saldo positivo no fluxo de caixa, o que nem sempre acontece em situações de mercado, pois a

madeira de pequenas dimensões tem menor valor de mercado e isto influencia diretamente no fluxo de caixa da operação. As receitas posteriores, sempre tornando o fluxo de caixa positivo, são benéficas à saúde financeira da empresa e fazem com que o desbaste efetivamente cumpra com seu papel de trazer rendas intermediárias à empresa corroborando com o estudo de Tófoli (2008).

O fluxo de caixa pode ser mais bem entendido na FIGURA 4.1:

FIGURA 4.1 - HISTOGRAMA DO FLUXO DE CAIXA EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 30 ANOS E 8 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS, PARANÁ.



FONTE: O autor (2015)

Percebe-se a influência do peso do primeiro desbaste no fluxo de caixa. Excetuando a receita proveniente do corte raso da floresta, são o primeiro e o sétimo desbaste que favorecem a empresa pelo retorno de parte do capital investido. As demais receitas dos desbastes são superiores às despesas, à medida que as toras são de maiores dimensões e de maior valor no mercado, sem perder de vista que o regime de manejo adotado na simulação sempre utiliza a máxima capacidade produtiva do sítio, conforme visto no Capítulo 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO DE *Pinus taeda*. Esta análise vai ao encontro das afirmações de Erbano et al. (2013) quando afirmam que o sistema de fluxo de caixa permite ao gestor planejar, organizar, dirigir e coordenar os recursos financeiros dentro de um determinado período.

#### 4.5.2 Análise de Sensibilidade do VPL, pela variação da TMA

Considerando o regime de manejo adotado, foi realizada a análise de

sensibilidade do VPL, com a variação da TMA.

Sabendo-se que a variação da TMA altera a viabilidade do investimento, a análise de sensibilidade é importante, pois possibilita o entendimento da variação do VPL em relação à TMA proposta. (SIMIONI, 2000). Os resultados são expressos na TABELA 4.2 :

TABELA 4.2 - VARIAÇÃO DO VPL PELA TMA

TMA	VPL (R\$/ha)
6,00%	6.024,09
6,50%	4.583,10
7,00%	3.335,01
7,50%	2.253,41
8,00%	1.315,65
8,50%	502,24
8,85%	-203,58

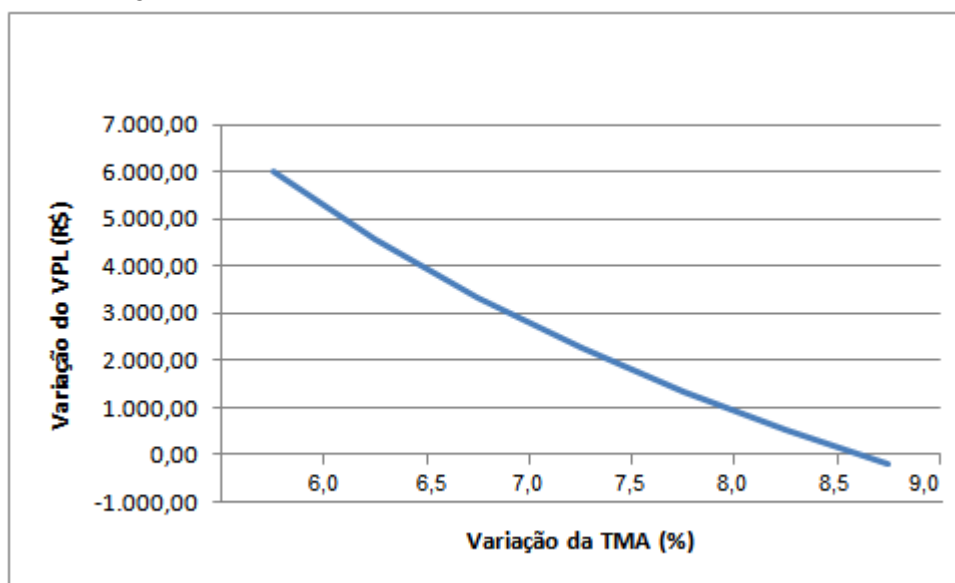
FONTE: O autor (2015)

A TMA escolhida para a simulação foi de 7%a.a.. Para a análise de sensibilidade iniciou-se com 6% e foi adicionado 0,5p.p. à TMA para facilitar a compreensão dos resultados. A análise estendeu a TMA até que o VPL se tornou negativo, a 8,85% a.a. o que caracteriza a inviabilidade do negócio.

Detalhando o cálculo, entre a TMA de 8,5% e 9,0%, tem-se que a TMA de 8,84837% é o limite para a viabilidade segundo o  $VPL=0$ . Ao acrescentar um milionésimo, o VPL se torna negativo (-R\$0,01). Isto demonstra que o limite de viabilidade do investimento em análise acontece considerando uma TMA de 8,84837%.

Os resultados são mais bem visualizados na FIGURA 4.2:

FIGURA 4.2 - VARIAÇÃO DO VPL PELA TMA



FONTE: O autor (2015)

A curva representa a variação do VPL; o ponto onde a curva intercepta o eixo das abscissas indica a taxa na qual o VPL é igual a zero e a TMA se iguala à TIR; esse ponto representa uma TIR de 8,84837%, conforme demonstrado nos cálculos do CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO.

Este resultado demonstra que *coeteris paribus* até a TMA de 8,84837% o investimento é atrativo.

A análise de sensibilidade comprovou a tendência de relação inversa existente entre a TMA e o VPL calculado para o Tratamento estudado.

O limite de variação entre a atratividade do investimento e sua inviabilidade, considerando os preços praticados pela madeira é bastante restrito, pois a amplitude foi de 7% (TMA adotada) e 8,84837%, calculado; uma variação na TMA de apenas 1,85%.

Para melhor compreensão, o efeito da TMA sobre o VPL variando em meio ponto percentual pode ser visualizado no QUADRO 4.2:

TABELA 4.3 - EFEITO RELATIVO DA VARIAÇÃO DA TMA SOBRE O VPL

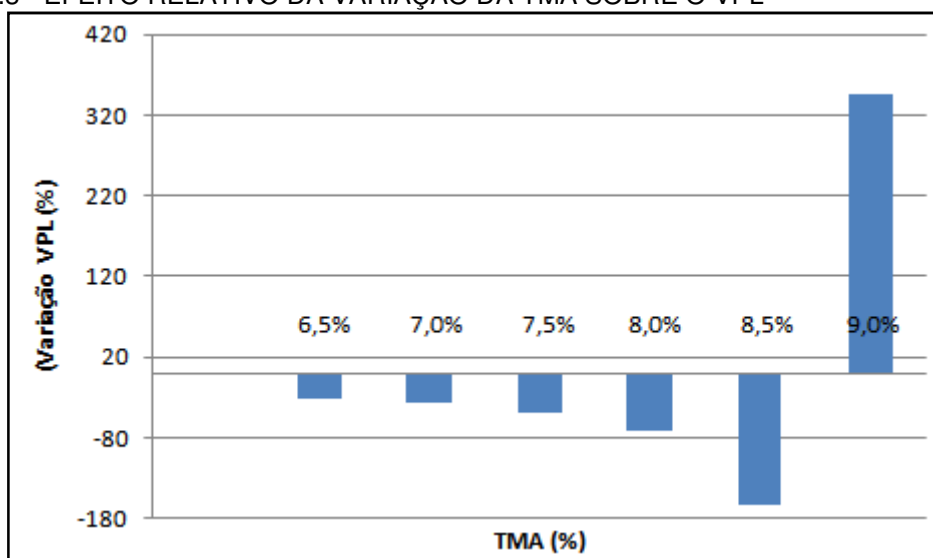
TMA (%)	VPL (R\$)	Variação (R\$)	Variação (%)
6,00	6.024,09		
6,50	4.583,10	-1.440,99	-31,44
7,00	3.335,01	-1.248,09	-37,42
7,50	2.253,41	-1.081,60	-48,00
8,00	1.315,65	-937,76	-71,28
8,50	502,24	-813,41	-161,96
9,00	-203,58	298,66	346,70

FONTE: O autor (2015)

Percebe-se uma evolução pequena na variação do VPL à medida que a TMA cresce em meio ponto percentual a partir de 6% até 7,5%, variando entre 31,44% a 48,00%, portanto o VPL é pouco sensível à TMA's entre 6% e 7,5%. A partir daí a variação é mais expressiva e crescente, chegando a 161,96% para uma TMA de 8,83%, quando o VPL ainda é positivo.

Esta evolução do VPL pode ser visualizada na FIGURA 4.3:

FIGURA 4.3 - EFEITO RELATIVO DA VARIAÇÃO DA TMA SOBRE O VPL



FONTE: O autor (2015)

A evolução crescente negativa do VPL em função do aumento da TMA expressa a idéia de que à medida que a TMA aumenta, isto é, a incerteza da viabilidade do investimento, ou o aumento do risco, o VPL vai reduzindo.

Taxas de atratividade altas proporcionam redução no VPL à medida que a TMA expressa o risco do negócio, idéia esta semelhante às de Souza e Clemente (1999). Se o risco é alto, o custo de oportunidade é alto, portanto remunera de forma

pior o capital investido. Isto é perceptível na FIGURA 4.3 - EFEITO RELATIVO DA VARIAÇÃO DA TMA SOBRE O VPL: à medida que a TMA aumenta, o VPL decresce, reduzindo a rentabilidade. Esta sensibilidade à variação da TMA era esperada uma vez que altas taxas de atratividade tendem a inviabilizar o negócio, especialmente na simulação, onde o ciclo de produção de 30 anos, é maior que os ciclos convencionais no Brasil para pinus de até 20 anos. Ciclos de produção mais longos, como o ciclo do presente estudo, tendem a proporcionar um risco maior, pelo tempo necessário para o retorno do capital investido. Por isso o valor limite da TMA, de 8,84837% se aproximou da TMA proposta, de 7,0%.

Na situação de manejo estudada, não foi considerado o valor agregado que as toras podem alcançar pela operação da poda, que foi analisado no próximo item.

#### 4.5.3 Análise de Sensibilidade do VPL, pela Variação dos Preços da Madeira

Feita a análise do limite de viabilidade do investimento em povoamento de *Pinus taeda* com poda e 8 desbastes, segundo a variação da TMA da madeira a preços de mercado sem valorização pela poda, foram criados cenários, propondo os novos preços de madeira em tora. Uma vez que ocorreu o aumento das receitas e os custos permaneceram inalterados, conforme explicado por Simioni (2006) e Silva (2013) é necessário calcular novamente o VPL e a TIR. Os resultados são apresentados na TABELA 4.4:

TABELA 4.4 - CENÁRIOS DE PREÇOS DA MADEIRA PODADA, VPL E TIR EM POVOAMENTO DE PINUS TAEDA COM 30 ANOS E OITO DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS, PARANÁ:

CENARIO	CENARIO INCREMENTANDO O VALOR DA TORA PELA PODA					
	Produto	Sem poda	Acréscimo	Com poda	VPL	TIR
1	Laminação	R\$ 148,79	10%	R\$ 163,67	5.089,67	9,62%
	Serraria I	R\$ 112,19	10%	R\$ 123,41		
	Serraria II	R\$ 81,29	0%	R\$ 81,29		
2	Laminação	R\$ 148,79	20%	R\$ 178,55	6.276,58	10,07%
	Serraria I	R\$ 112,19	20%	R\$ 134,63		
	Serraria II	R\$ 81,29	0%	R\$ 81,29		
3	Laminação	R\$ 148,79	30%	R\$ 193,43	7.463,54	10,48%
	Serraria I	R\$ 112,19	30%	R\$ 145,85		
	Serraria II	R\$ 81,29	0%	R\$ 81,29		
4	Laminação	R\$ 148,79	50%	R\$ 223,19	9.837,45	11,20%
	Serraria I	R\$ 112,19	50%	R\$ 168,29		
	Serraria II	R\$ 81,29	0%	R\$ 81,29		
5	Laminação	R\$ 148,79	70%	R\$ 252,94	12.211,36	11,83%
	Serraria I	R\$ 112,19	70%	R\$ 190,72		
	Serraria II	R\$ 81,29	0%	R\$ 81,29		
6	Laminação	R\$ 148,79	100%	R\$ 297,58	15.772,22	12,65%
	Serraria I	R\$ 112,19	100%	R\$ 224,38		
	Serraria II	R\$ 81,29	100%	R\$ 81,29		

FONTE: O autor (2015)

Percebe-se que ao simular um aumento na faixa de 10% nos preços da madeira podada, o VPL situa-se em R\$5.089,67, e a TIR em 9,62%. Quando os preços sobem em 20%, o VPL alcança R\$6.276,58 e a TIR sobe para 10,07%. Quando a simulação propõe um acréscimo de 30%, o VPL chega a R\$7.463,54 e a TIR em 10,48%. Acrescentando 50% ao valor da madeira, pela poda, o VPL é de R\$9.837,45, e a TIR sobe para 11,20%. Ao simular o aumento em 70%, o VPL é de R\$12.211,36 e a TIR em 11,86%, e por fim, se o acréscimo for 100% no valor da tora pela operação da poda, o VPL é de R\$15.772,22 e a TIR sobe para 12,65%. Todos estes resultados são semelhantes aos demonstrados por Penha (2011), Pezzutti (2011), Floriano (2008) e Folmann (2011) para a TIR e Schneider (2012), Penha (2011), Coelho e Coelho (2012) e Scolforo (2001) para o VPL.

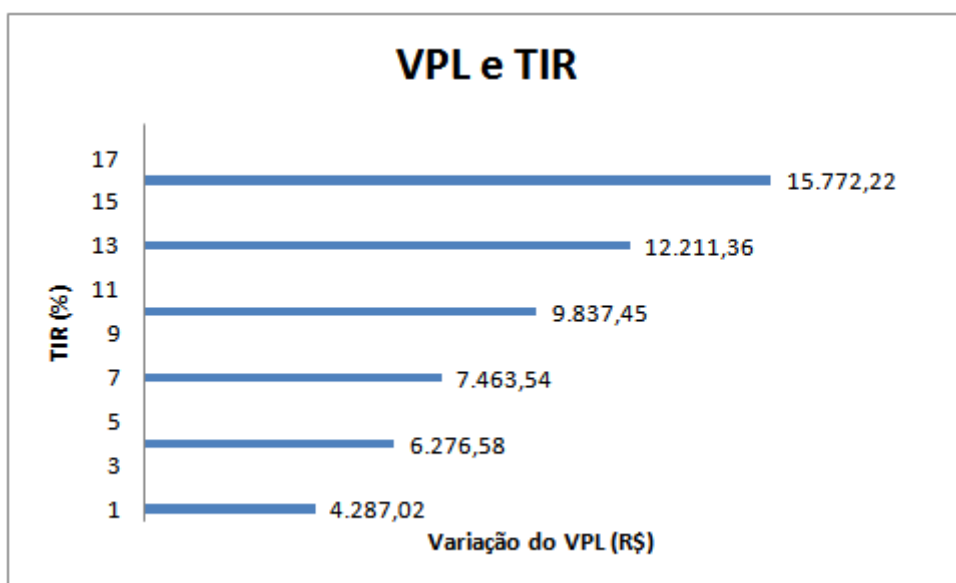
Nos casos de acréscimo de 10% no preço das toras, a TIR foi de 9,62%, quase 1p.p. acima da TIR considerando os preços base da simulação original. Quando o acréscimo foi de 20% a 30%, o acréscimo foi de aproximadamente 0,5 p.p.. Nas simulações de 50% e 70% do preço das toras, o acréscimo da TIR foi de



aproximadamente 1p.p. para cada simulação. Na simulação de 100% de acréscimo sobre preço das toras, o acréscimo da TIR foi de pouco menos de 1p.p sobre a simulação anterior. Em qualquer um dos cenários, o VPL foi positivo e a TIR expressou viabilidade no investimento.

Fazendo uma análise gráfica dos VPL's considerando a valorização da madeira pela poda, tem-se os resultados conforme a FIGURA 4.4:

FIGURA 4.4 - COMPORTAMENTO DO VPL E TIR SEGUNDO OS CENÁRIOS



FONTE: O autor (2015)

A FIGURA 4.4 expressa os cálculos feitos para os Cenários 1 a 6. À medida que a madeira é valorizada pela operação da poda, os VPL's aumentam partindo de R\$4.287,02 do Cenário 1, a R\$15.722,22 no Cenário 6, sempre considerando a TMA de 7%.

A sensibilidade do VPL pelo aumento dos preços das toras podadas também pode ser avaliado em termos relativos. A TABELA 4.5 apresenta os resultados:

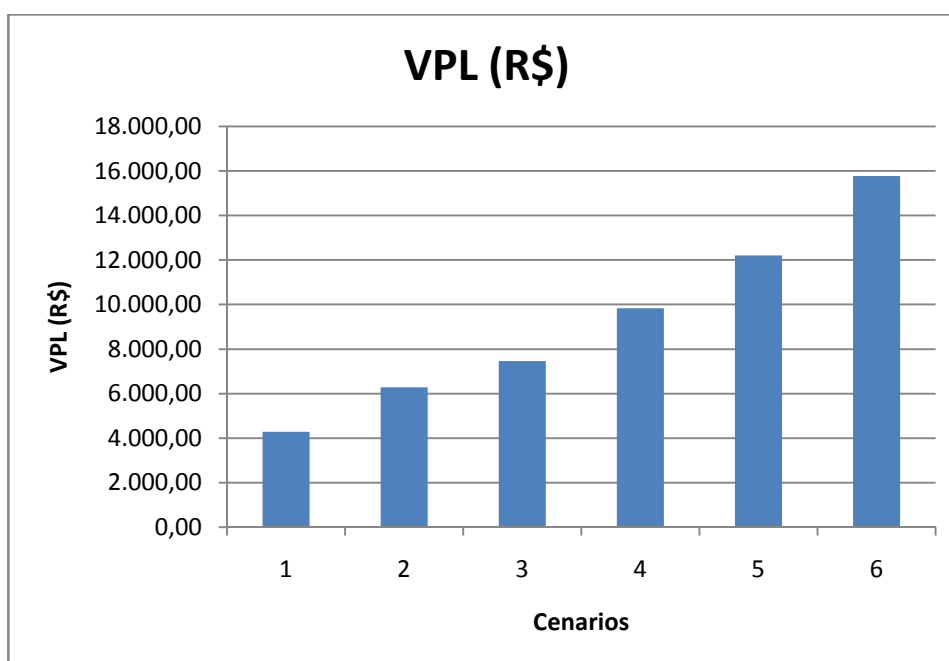
TABELA 4.5 - SENSIBILIDADE DO VPL AOS PREÇOS DA MADEIRA PODADA.

CENÁRIO	VPL (R\$)	Acréscimo (%)
original	3.335,01	
1	4.287,02	28,5%
2	6.276,58	46,4%
3	7.463,54	18,9%
4	9.837,45	31,8%
5	12.211,36	24,1%
6	15.772,22	29,2%

FONTE: O autor (2015)

A FIGURA 4.5 demonstra a evolução do VPL em termos absolutos.

FIGURA 4.5 - ACRÉSCIMO NO VPL PELO AUMENTO DO PREÇO DE VENDA



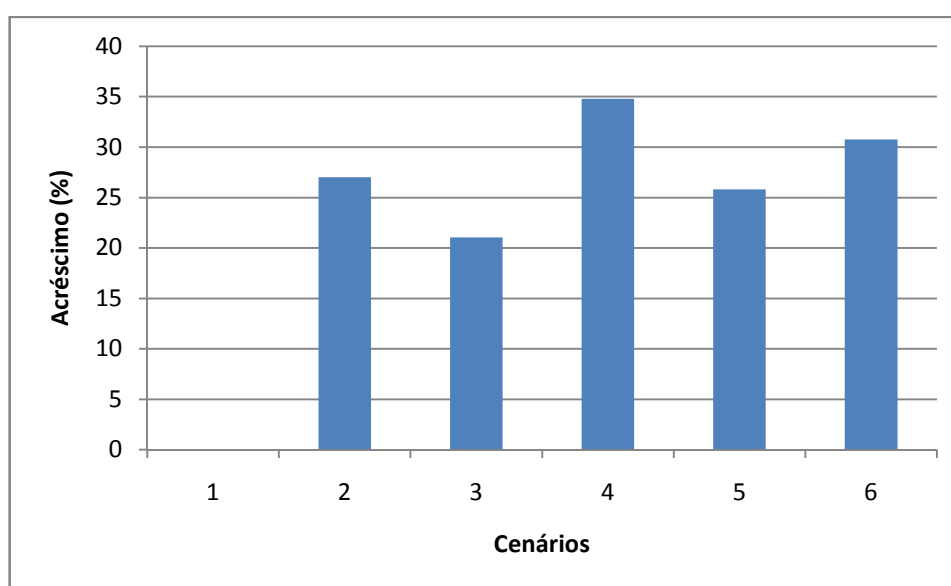
FONTE: O autor (2015)

Em termos relativos, nota-se que os acréscimos no preço da madeira podada, partindo de 10%, 20%, 30%, 50%, 70% a 100% foram crescentes como as variações do VPL. Entre os Cenários 1 e 2, a variação de preços foi de 10%, enquanto que o VPL variou na faixa de 27,02%. Entre os Cenários 2 e 3, a variação de preços foi de 10%, enquanto que o VPL variou semelhante em relação à situação anterior: 21,06%. Entre os Cenários 3 e 4, a variação de preços foi de 20%, enquanto que o VPL variou 34,79%. Entre os Cenários 4 e 5, a variação de preços também foi de 20%, enquanto que o VPL variou na faixa de 25,81%. Entre os Cenários 5 e 6, a variação de preços foi de 30%, e o VPL variou na faixa de 30,77%.

Os Cenários demonstram que o VPL variou proporcionalmente à variação de preços da madeira podada. Os melhores resultados foram nos Cenários 4 e 6. No Cenário 4, parte-se da madeira a preço de mercado e é acrescido 20% ao seu preço de venda. No Cenário 6, parte-se de um acréscimo de 30% no preço de venda da madeira podada em relação ao Cenário 5. O Cenário 6 é o de melhor remuneração pelo maior valor do VPL: R\$18.098,99

As variações do VPL podem ser visualizados na FIGURA 4.6.

FIGURA 4.6 - VARIAÇÕES RELATIVAS DO VPL EM FUNÇÃO DO PREÇO DE VENDA DA MADEIRA



FONTE: O autor (2015)

A TIR teve um comportamento diferente. No Cenário 1 ela permaneceu em 9,73%. Nos Cenários 2 e 3, apesar do aumento do VPL, a TIR se manteve em 10,29% e 10,80%, ou seja 0,5 p.p.. Em termos percentuais, o ganho entre os preços praticados no Cenário 2 e no Cenário 3 não significaram rendimentos financeiros mais expressivos. Entre os Cenários 3 e 4, com 20% de valorização da madeira é que a TIR subiu 0,89p.p. Entre os Cenários 4 e 5, com 20% de valorização da madeira é que a TIR subiu menos: 0,78 p.p. No Cenário 6 em relação ao Cenário 5, o valor da madeira foi acrescido em 30% e a TIR teve um ganho de 1,01 p.p. vide a TABELA 4.6:

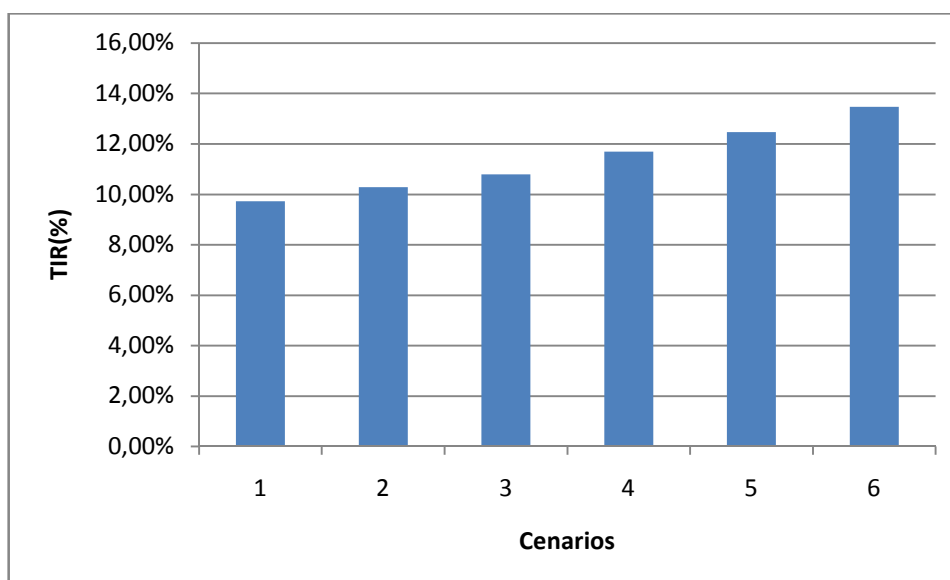
TABELA 4.6 - VARIAÇÃO RELATIVA DA TIR

CENÁRIO	TIR(%)	Acréscimo (%)
1	9,73	
2	10,29	5,45
3	10,80	4,66
4	11,69	7,65
5	12,47	6,25
6	13,48	7,50

FONTE: O autor (2015)

Estes resultados da variação da TIR podem ser visualizados na FIGURA 4.7:

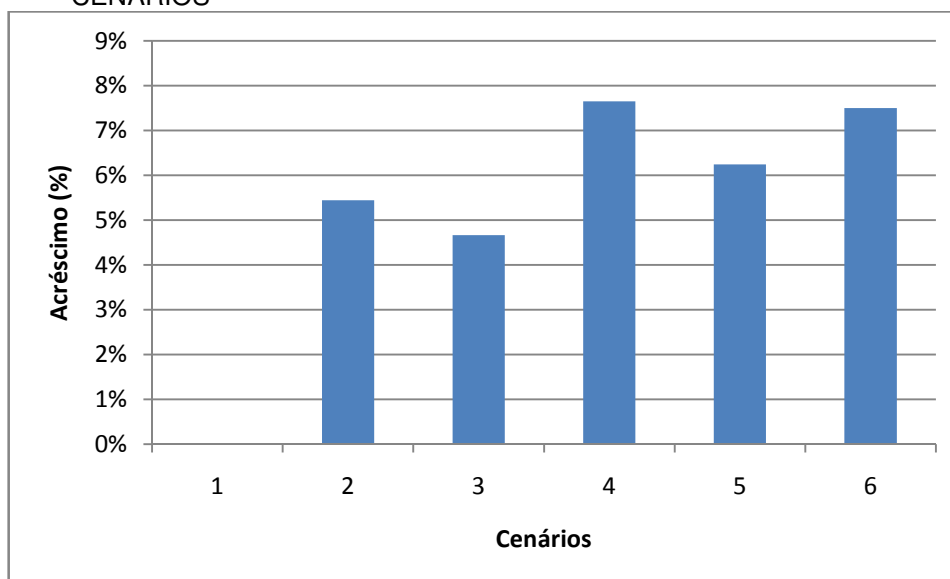
FIGURA 4.7 - HISTOGRAMA DA VARIAÇÃO DA TIR DE ACORDO COM OS CENÁRIOS



FONTE: O autor (2015)

Os ganhos percentuais entre as TIR's dos Cenários estudados, são demonstrados na Figura 4.8:

FIGURA 4.8.: HISTOGRAMA DOS GANHOS PERCENTUAIS DA TIR DE ACORDO COM OS CENÁRIOS



FONTE: O autor (2015)

Entre os Cenários 1 e 2 o ganho percentual foi de 5,45%. Entre os Cenários 2 e 3 foi de 4,66%. Entre os Cenários 3 e 4, foi de 7,65%. Entre os Cenários 4 e 5, o ganho relativo foi de 6,25%, e entre os Cenários 5 e 6 foi de 7,5%.

Ao resumir os resultados tem-se a TABELA 4.7:

TABELA 4.7 - RESUMO DOS RESULTADOS DO VPL E TIR

CENARIO	Acréscimo (%)	VPL (R\$)	Acréscimo (%)	TIR (%)	Acréscimo (%)
1	10	5.307,71		9,73	-
2	20	6.741,94	27,0	10,29	5,45
3	30	8.161,57	21,1	10,80	4,66
4	50	11.000,83	34,8	11,69	7,65
5	70	13.840,10	25,8	12,47	6,25
6	100	18.098,99	30,8	13,48	7,50

FONTE: O autor (2015)

Nota-se que os acréscimos percentuais comparando-se o VPL à TIR seguem a mesma tendência, ou seja, comparado Cenário a Cenário, ambos os indicadores econômicos sobem mais ou menos, conforme a comparação.

O ganho percentual mais expressivo fica na comparação entre os Cenários 3 e 4, com 34,8% para o VPL e 7,65% para a TIR.

O maior VPL e TIR são alcançados pela maior valorização da madeira pela poda: acréscimo de 100% ao preço da tora sem poda.

Mesmo considerando os preços vigentes, sem a valorização da madeira pela poda, o investimento é rentável. No entanto, à medida que a madeira é mais valorizada por esta operação silvicultural, os indicadores de análise de investimento apontam para uma viabilidade maior, o que vai de encontro ao proposto por Cardoso (2009) e Bargas (2012).

Ao analisar as variações do VPL e a TIR, pelo acréscimo do valor da madeira podada, pode-se inferir que dado o aumento expressivo da qualidade da madeira proposto na atual simulação, o preço de venda da madeira poderá atingir valores maiores, aumentando a rentabilidade do investimento.

## 4.6 CONCLUSÕES

Com base nas simulações realizadas a partir do povoamento de *Pinus taeda* L. com 30 anos e 8 desbastes conclui-se que:

- a. O limite de viabilidade do manejo de um povoamento de *Pinus taeda* L. com poda, rotação de 30 anos e 8 desbastes na região de Sengés, Paraná, através do VPL ocorreu a uma TMA de 8,84837%. Esta TMA está dentro de valores citados na literatura florestal em cenários de viabilidade econômica. Portanto o resultado é aceitável.
- b. Dos cenários de viabilidade de investimento a partir da valorização da madeira de *Pinus taeda* L. simulados, o que apresentou melhor resultado foi o de 100% de valorização da tora podada – Cenário 6, com VPL de R\$18.098,99 e TIR de 13,48%. Resultado este que viabiliza o investimento, comparando-se a TMA limite de viabilidade, de 8,84837% e a TIR calculada para o Cenário 6, de 13,48%, uma diferença percentual de 4,63%. Se for considerada a TMA base do estudo, a diferença percentual entre a TMA e a TIR calculada para o Cenário 6 torna o investimento mais atraente, na ordem de 6,48%.
- c. Desta forma a melhor proposta de preços da madeira cortada, baldeada e carregada, segundo o sítio estudado e o regime de manejo proposto é de madeira em toras com diâmetro acima de 35cm, R\$297,58/m<sup>3</sup>; madeira em toras com diâmetros entre 25cm e 35cm, R\$224,38/m<sup>3</sup>; madeira em toras com diâmetros entre 25cm e 18cm, R\$162,58/m<sup>3</sup> e madeira em toras com diâmetros entre 8cm e 18cm, R\$55,99/m<sup>3</sup>.

## REFERENCIAS

- BARGAS, L. S. **Carga tributária de empresas florestais produtoras de madeira de *Pinus* spp.: um estudo de caso**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) UNICENTRO. 2013.
- BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. **Fundamentos da Moderna Administração Financeira**. Rio de Janeiro: Campus, 1999
- CARDOSO, D. J. **Viabilidade técnica e econômica da poda em plantações de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii***. 149 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira. 2009
- ERBANO, B. L.; THEISEN, D. G.; MAYK, E. E. V.; SOUZA, E. S.; SOUZA, A.; APEL, A. **Fluxo de Caixa**; Maiêutica - Cursos de Gestão; v1, n1 2014
- FERREIRA, José Antonio Stark. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007
- FONSECA, Y. D. Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura. **Caderno de Análise Regional** – Desenhahia/UNIFACS. Artigo 5, ago 2011. Disponível em: <<http://www.desenhahia.ba.gov.br>>. Acesso em 15 set. 2015
- GIMENES, A. A ; FRANCISCO, D. F.; SILVA, E. T. G.; Fluxo de Caixa - III Encontro Científico e Simpósio de Educação Unisalesiano Educação e Pesquisa: a produção do conhecimento e a formação de pesquisadores. **Anais...** Lins, 17 a 21 de outubro de 2011
- GRAÇA, L. R.; RODIGHIERI, H. R.; CONTO, A. J. Custos florestais de produção: conceituação e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 32 p. (**Documentos, 50**).
- KOTLER, P. **Marketing**: edição compacta. São Paulo. Atlas, 1992.
- PEZZUTTI, R. V. **Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino**. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2011.
- SANTOS, J. J. dos. **Formação de preços e do lucro empresarial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1988
- SILVA, W. C. & CUNHA, A. C. O uso da análise de risco no estudo da viabilidade econômica e compensação por créditos de carbono em sistema de agricultura familiar. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 101-115, 2013
- SIMIONI, F. J.; HOEFLICH, V. A. Avaliação de risco em investimentos florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal.**, Colombo, n52, p. 79-92 jan./jun. 2006



TÓFOLI, I. **Administração Financeira Empresarial: uma tratativa prática**. Campinas. ArteBrasil/Unisaesiano, 2008.

Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa - SEBRAE. Guia do Empreendedor : **Fluxo de Caixa e Custos na Pequena Indústria**. 2008. Disponível em: <[www.biblioteca.sebrae.com.br](http://www.biblioteca.sebrae.com.br)>. Acesso em: 16 out. 2013.

SOUZA, A; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. São Paulo: Atlas, 1999.

**5 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DE *Pinus taeda* L. EM FUNÇÃO  
DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO**

## 5.1 INTRODUÇÃO

Antes da entrada no mercado madeireiro de espécies exóticas de reflorestamentos, eram largamente comercializadas as madeiras de espécies nativas do sul do Brasil. Estas espécies de florestas nativas apresentavam certa padronização causada pelos processos naturais de crescimento em situação de densidade completa, uma vez que cresciam em ambientes de alta lotação de árvores. Isto promovia na madeira uma homogeneidade que proporcionava propriedades mecânicas desejadas pelas indústrias. Esgotados estes estoques de madeiras de florestas nativas, foram introduzidos no país os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

O gênero *Eucalyptus*, apesar de apresentar crescimento vigoroso, aspecto visual da madeira bastante agradável e grande capacidade estrutural, apresenta o problema grave de rachaduras logo após o abate da árvore devido às tensões de crescimento.

O gênero *Pinus* apresenta características bem semelhantes à *Araucaria angustifolia*, espécie bastante usada no meio industrial madeireiro antigamente. Mas ao contrário desta, apresenta baixa qualidade em termos de propriedades da madeira, apesar de ambas serem coníferas.

Apesar disto e sem outra possibilidade de fonte de matéria-prima, o gênero *Pinus* tem se mostrado uma essência florestal que atende os mercados de celulose e papel de fibra longa, chapas de fibras, madeira serrada, laminada e energia.

Para produzir a madeira do gênero *Pinus*, Kronka (2005) afirma que os ciclos de produção no Brasil tendem a seguir uma única sistemática de intervenções aos 7, 14 e 20 anos, ou somente o corte raso aos 15 - 16 anos. O autor afirma que estes ciclos visam atender o fluxo de caixa das empresas. Segundo esta sistemática de produção florestal, na madeira, os anéis anuais são constituídos de tal forma que ocorre uma concentração num determinado período, enquanto que em outros, há poucos anéis em uma expressiva porção do lenho.

A maneira como o crescimento da madeira acontece, segundo o manejo florestal, determina um conjunto de características que pode ser chamado de propriedades físico-mecânicas; estas características expressam sua resistência e rigidez.

O conhecimento das propriedades físico-mecânicas da madeira é de fundamental importância, pois expressam suas qualidades (rigidez e resistência) para fins tecnológicos e industriais determinando o uso mais adequado para a espécie.

Apesar desta indicação mais adequada, muitas vezes a matéria-prima de povoamentos de *Pinus* não apresenta todas as características desejadas e as indústrias são forçadas a realizar fortes investimentos para minimizar os efeitos causados pela falta de qualidade e falta de padronização na matéria-prima. As toras entregues às indústrias apresentam grande variação na densidade, umidade, conformação dos anéis anuais e idade das árvores, o que exige dos processos investimentos maiores e gera muitas vezes aumento nos custos de produção.

A matéria-prima esperada pela indústria de base florestal brasileira seria a que gerasse maior rendimento no processo, maior homogeneidade, uniformidade e menor custos e a padronização beneficiaria fortemente a comercialização dos produtos acabados, uma vez que seria conhecida sua característica em termos de capacidade de carga estrutural e haveria melhorar no seu aspecto visual.

No caso do gênero *Pinus*, as soluções encontram-se no campo, na silvicultura e manejo, com práticas que melhorem a distribuição e uniformização, densificando os anéis anuais, o que melhora a rigidez e resistência da madeira, proporcionando a redução das dimensões das peças que compõem móveis, chapas, e peças estruturais.

No presente estudo são simuladas características de madeira de *pinus* que seriam oriundas de regimes de manejo que proporcionariam estes ganhos em rigidez e resistência.

## 5.2 OBJETIVOS

Para a simulação das características de madeira de pinus que seriam oriundas de regimes de manejo que proporcionam ganhos em rigidez e resistência, foram estabelecidos os objetivos geral e específicos.

### 5.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a Resistência e Rigidez de madeira de *Pinus taeda* L. em função da variação do número de anéis de crescimento por peça de madeira

### 5.2.2 Objetivos Específicos

- a. Caracterizar o Módulo de Elasticidade e o Módulo de Ruptura quanto à variação de anéis de crescimento através de ensaios de Compressão Paralela às Fibras;
- b. Caracterizar o Módulo de Elasticidade e o Módulo de Ruptura quanto à variação de anéis de crescimento através de ensaios de Flexão Estática;
- c. Estabelecer estimativas do comportamento do Módulo de Elasticidade e do Módulo de Ruptura para Compressão Paralela às Fibras e Flexão Estática, segundo a variação do número de anéis de crescimento.

### 5.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o embasamento teórico do estudo o que visa proporcionar ganhos em rigidez e resistência em madeira de *Pinus taeda* L., foi feita a revisão bibliográfica.

#### 5.3.1 Gênero Pinus

A madeira do gênero Pinus é conhecida como “multi-produto”, pois pode ser destinada à indústria laminadora para fabricação de compensados; para a indústria de serrados, que a transforma em madeira serrada e beneficiada ou é convertida em móveis; para a indústria da construção civil, papel e celulose; indústria de chapas de fibras e, mesmo o seu resíduo, tem sido aproveitado como biomassa para geração de vapor e energia. (CARGNIN, 2005).

As características físicas e mecânicas do *Pinus taeda* L. têm reflexo direto no valor econômico da madeira. No presente essa espécie encontra-se em melhoramento genético moderado a alto. Assim, com os trabalhos de seleção genética criteriosa e cruzamentos controlados, é possível alterar as características das árvores, aumentando o valor dos povoamentos. (SHIMIZU, 2008). Portanto, características como a densidade da madeira, são passíveis de melhoramento, seja no sentido de aumentar, de reduzir ou de uniformizar o lenho. Essas características são fundamentais para a formação de madeira de alta qualidade e de alto rendimento nas indústrias. (SHIMIZU, 2008).

#### 5.3.2 Estrutura Macroscópica – Anéis de Crescimento

A largura e distribuição dos anéis de crescimento pode ser indicador de determinadas características e comportamentos da madeira, como a homogeneidade das propriedades mecânicas, estabilidade dimensional e fácil trabalhabilidade. (KOCH, 1972; KOLLMAN; COTÊ, 1968).

No entanto, segundo o mesmo Koch (1972), existem grandes variações nas larguras entre os anéis anuais ao longo do lenho.

Com relação à qualidade da madeira, a proporção entre os lenhos tardio e inicial determina uma estreita relação com a massa específica e propriedades de resistência e rigidez. (KRAMBEK; SIMÃO, 2003).

Rall (2006) ao estudar a influência das características dos anéis de crescimento na densidade, resistência e rigidez da madeira de *Pinus taeda* L. chegou à conclusão que o número de anéis por polegada e a proporção de lenho tardio influenciam na densidade, resistência e rigidez à flexão da madeira.

Com relação à questão da influência dos desbastes na formação dos anéis anuais, a sua configuração está diretamente relacionada com a intensidade dos desbastes. (PEREIRA; TOMASELLI, 2004).

### 5.3.3 Massa Específica

A massa específica é uma das propriedades mais importantes no aspecto da qualidade da madeira. (KOLLMANN, 1959; KOLLMANN; CÔTÉ, 1968; FOELKEL; MORA; MENOCELLI, 1990; KLOCK, 2000; DIAS; LAHR, 2004; PALERMO et al., 2004; CHIES, 2005).

As informações que ela fornece nos permitem determinar a utilização final da madeira através das suas características associada às outras propriedades. (PALERMO et al., 2004; CHIES, 2005; CASTELO, 2007; TRIANOSKI, 2010).

Há uma relação entre a massa e o volume da madeira, ou seja, peças com maior massa específica são mais densas, mais resistentes. Esta característica está relacionada com a possibilidade da espécie florestal ser usada para fins estruturais. (KOLLMAN, 1951).

Pode-se prever ou estimar o comportamento da madeira através da massa específica (XAVIER; MATOS; TRIANOSKI, 2008), fornecendo informações importantes para o manejo da floresta. (ROSADO; BRUNE, 1983).

Mesmo para espécies já estudadas, pode haver variação na massa específica, que determinará propriedades mecânicas diferenciadas. Esta variação é explicada pela proporção de lenho inicial e tardio (KOCH, 1972) (WAHLGREN; SCHUMAN, 1972), idade, sitio, procedência, práticas silviculturais ou manejo, entre outros (TRIANOSKI, 2012), além de ser alterada através de tratamentos silviculturais e manipulada geneticamente. (ZOBEL, 1961; SHIMOYAMA, 2005).

Segundo Koch (1972) há uma relação linear entre elas, o Módulo de Ruptura (MOR), Módulo de Elasticidade (MOE), da resistência à compressão paralela e cisalhamento.

Para Kollmann (1959) não resta dúvida que existe uma relação de forte dependência entre a massa específica e a resistência da madeira, no entanto, há grandes dificuldades na quantificação desta dependência pois a madeira sofre influência de vários fatores.

A massa específica é uma das mais importantes propriedades do lenho, relacionando-se, normalmente, com as características anatômicas (espessura da parede celular, largura e diâmetro do lúmen das fibras ou traqueídes, diâmetro e frequência dos vasos e porcentagem de parênquima), e propriedades mecânicas, sendo utilizada como parâmetro de qualidade da madeira. (SURDI et al., 2014).

O WOOD HANDBOOK (1987) expressa as características que o *Pinus taeda* L. em seu local de ocorrência natural (nativo) possui massa específica básica de 470Kg/m<sup>3</sup>.

Para uma série de autores a massa específica do *Pinus taeda* L. pode ser classificada como média, tendo em vista a variabilidade que alcança. A literatura cita: 0,364 g/cm<sup>3</sup> a 0,467 g/cm<sup>3</sup> (KLOCK, 2000), 0,400 g/cm<sup>3</sup> (MENDES, 2001), 0,370 g/cm<sup>3</sup> (MELCHIORETTO; ELEOTÉRIO, 2003), 0,605 g/cm<sup>3</sup> (BALLARIN; LARA PALMA, 2003), 0,414 g/cm<sup>3</sup> a 0,434 g/cm<sup>3</sup> (CHIES, 2005), 0,501 g/cm<sup>3</sup> (SHIMOYAMA, 2005), 0,367 g/cm<sup>3</sup> a 0,430 g/cm<sup>3</sup> (ANDRADE, 2006), 0,430 g/cm<sup>3</sup> a 0,560 g/cm<sup>3</sup> (OLIVEIRA et al., 2006), 0,377 g/cm<sup>3</sup> a 0,440 g/cm<sup>3</sup> (CASTELO, 2007), 0,350 g/cm<sup>3</sup> a 0,460 g/cm<sup>3</sup> (SOUSA et al. 2007), 0,351 g/cm<sup>3</sup> a 0,390 g/cm<sup>3</sup> (XAVIER; MATOS; TRIANOSKI, 2008).

#### 5.3.4 Teor de Umidade

A madeira é um material higroscópico, e sua massa, dimensões e densidade, bem como suas propriedades mecânicas, elásticas, elétricas, térmicas e de movimento são afetadas por seu teor de umidade. O teor de umidade e as propriedades da madeira (que dependem dele) variam com alterações nas condições ambientais, particularmente com a umidade relativa. (LOGSDON, 1998).

Na árvore, a umidade da madeira pode variar entre 31% e 249% no cerne e de 40% a 213% no alburno. Ocorre portanto, uma variação forte a partir do centro do lenho até a sua periferia, sentido medula – casca. (OLIVEIRA et al., 1990).



Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT/NBR 7190/1997 o teor de umidade da madeira (TU) corresponde à relação entre a massa da água nela contida e a massa da madeira seca.

Segundo Skaar (1972), a umidade relativa, a temperatura, a espécie florestal, a presença de extrativos, são fatores determinantes que influenciam na umidade da madeira.

Considerando que a madeira é de natureza anisotrópica e higroscópica, as suas propriedades mecânicas são influenciadas pelo teor de umidade.

Gerhards (1968) afirma que a madeira verde é mais flexível do que a madeira seca. Então o aumento da capacidade de resistência (MOE) está relacionado com o teor de umidade da madeira. (STOLF et al.,2014).

#### 5.3.5 Propriedades Mecânicas para *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus* spp.

Para comparar a espécie estudada, outras do mesmo gênero e outras ainda com reconhecida capacidade estrutural, são detalhados abaixo os valores de MOE e MOR que estas espécies assumem em ensaios de compressão paralela às fibras e flexão estática.

Segundo a NBR 7190:1997, os valores médios das propriedades mecânicas para algumas espécies exóticas mais utilizadas são (TABELA 5.1):

TABELA 5.1 - VALORES MÉDIOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA ALGUMAS ESPÉCIES EXÓTICAS

Nome	$\rho_{(12\%)}$	$f_{c0}$	$f_{t90}$	$f_v$	$E_{c0}$
	(Kg/m <sup>3</sup> )	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
<i>Pinus taeda</i>	645	44,4	2,8	7,7	13.304
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	899	48	4,6	9,0	13.286
<i>Eucalyptus citriodora</i>	999	62	3,9	10,7	18.421
<i>Eucalyptus dunnii</i>	690	48,9	6,9	9,8	18.029
<i>Eucalyptus grandis</i>	640	40,3	2,6	7,0	12.813
<i>Eucalyptus cloesiana</i>	822	51,8	4,0	10,5	13.963
<i>Eucalyptus maculata</i>	931	63,5	4,1	10,6	18.099
<i>Eucalyptus punctata</i>	948	78,5	6,0	12,9	19.360
<i>Eucalyptus paniculata</i>	1.087	72,7	4,7	12,9	19.881

FONTE: NBR7190

$\rho_{(12\%)}$ : massa específica a 12% de umidade

$f_{c0}$ : resistência à compressão paralela às fibras

$f_{t90}$ : resistência à tração normal às fibras

$f_v$ : resistência ao cisalhamento

$E_{c0}$ : Módulo de Elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras

Coeficiente de variação para resistências à solicitações normais  $\delta = 18\%$

Coeficiente de variação para resistências à solicitações tangenciais  $\delta = 28\%$

Para Trianoski et al. (2012), os valores médios de MOE e MOR de Compressão Paralela às Fibras, e, Massa Específica de espécies tropicais de *Pinus* e *Pinus taeda* aos 17 anos de idade na condição de umidade de equilíbrio a 12% são (TABELA 5.2):

TABELA 5.2 - VALORES MÉDIOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA *Pinus spp.* com 18 anos de idade

Nome	Compressão Paralela às Fibras		Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )
	MOE (MPa)	MOR (MPa)	
<i>Pinus caribaeae</i> var. <i>bahamensis</i>	9.189	30	0,491
<i>Pinus caribaeae</i> var. <i>caribaeae</i>	9.447	28	0,435
<i>Pinus caribaeae</i> var. <i>hondurensis</i>	10.956	34	0,502
<i>Pinus chiapensis</i>	10.060	34	0,435
<i>Pinus maximinoi</i>	12.990	37	0,533
<i>Pinus oocarpa</i>	12.212	39	0,552
<i>Pinus tecunumanii</i>	14.049	39	0,577
<i>Pinus taeda</i>	12.432	37	0,527

FONTE: TRIANOSKI(2012)

Para *Pinus taeda* L. Melchiorretto e Eleotério (2003) identificaram 26,74MPa, 24,11MPa a 36,03MPa em ensaios de Compressão Paralela às Fibras. Bortoletto Junior (1999) em plantios de 23 anos, identificou 24,90MPa para MOR e 9.000MPa para MOE. Oliveira et al.,(2006) determinou 24,80 MPa para MOR e 6.967,20MPa para MOE. Em povoamento de 13 anos foram obtidos para MOR 28,54MPa e para MOE 8.591MPa. (SANTINI; HASELEIN;GATTO, 2000)

Segundo Trianoski (2012), os valores do MOE, MOR e Massa Específica para Flexão Estática na condição de umidade de equilíbrio a 12%de espécies tropicais de *Pinus sp.* e *Pinus taeda* aos 17 anos são (TABELA 5.3):

TABELA 5.3 - VALORES MÉDIOS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS - *Pinus spp.*

Nome	Flexão Estática		Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )
	MOE (MPa)	MOR (MPa)	
<i>Pinus caribaeae</i> var. <i>bahamensis</i>	7.186	65	0,434
<i>Pinus caribaeae</i> var. <i>caribaeae</i>	6.060	58	0,394
<i>Pinus caribaeae</i> var. <i>hondurensis</i>	7.106	62	0,429
<i>Pinus chiapensis</i>	7.293	59	0,396
<i>Pinus maximinoi</i>	8.943	70	0,465
<i>Pinus oocarpa</i>	7.993	70	0,470
<i>Pinus tecunumanii</i>	8.943	71	0,492
<i>Pinus taeda</i>	8.234	64	0,454

FONTE: TRIANOSKI(2012)

Ballarin e Lara Palma (2003) identificaram um MOR para flexão estática de 107,2MPa e MOE de 13.812MPa para árvores com 37 anos.

Em plantios de 25 anos, Melchiorretto e Eleotério (2003) chegaram a MOR de 49Mpa e MOE de 6.330MPa para o mesmo ensaio.

Santini, Haselein e Gatto (2000) determinaram valores de 54,52MPa e 5.941MPa, para MOR e MOE em plantios com 13 anos.

Aos 9 anos, Brand et al.(2004) calculou o MOR de 63,76MPa e o MOE de 5.398MPa. Oliveira et al. (2006) chegaram a valores de 53,14MPa a 79,97MPa para resistência a flexão estática a partir de plantios com idades de 9, 13 e 20 anos. Klock (2000) identificou 60,59MPa e 7.025,10MPa para MOR e MOE, respectivamente em povoamentos de 10 anos.

Haselein et al. (2002) ao estudar as propriedades da madeira de *Eucalyptus saligna* em ensaio de flexão estática, obteve os seguintes resultados:

TABELA 5.4 - RESISTÊNCIA E RIGIDEZ EM FLEXÃO ESTÁTICA PARA *Eucalyptus saligna*.

Estado de Umidade	Nº CP	Massa Específica	MOE	MOR
		(g/cm <sup>3</sup> )	(MPa)	(MPa)
12%	245	0,435	9.450	73,57
Úmida	90	0,434	7.290	52,52
Razão Propriedade 12% úmida	-		0,13	0,14

FONTE: HASELEIN et al. (2002)

Segundo os mesmos autores essa espécie é tipicamente usada em construções estruturais.

Ao estudar em *Eucalyptus saligna* a influência da idade e da posição na árvore na tomada de madeira para confecção de CP, Castro Silva et al. (2005) perceberam um aumento nos valores médios do MOE, em razão da idade e da direção radial, no sentido medula-casca.

O MOE apresentou o valor médio de 12.923MPa, sendo o valor mínimo de 8.144MPa (idade de 10 anos na posição mais próxima da medula) e máximo de 19.267MPa (idade de 20 anos, na posição mais próxima da casca).

Segundo Lima, Breese e Cahalan (2000) e Silva (2002) estes valores do MOE estão de acordo com a literatura para a espécie.

#### 5.3.6 Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR)

A rigidez da madeira é determinada pelo valor do módulo de elasticidade (MOE) expresso na fase de comportamento elástico linear do material.

O MOE é obtido através da aplicação de uma carga com velocidade constante. O seu valor limite é aquele em que a madeira volta ao seu estado normal quando a carga é retirada, sem que haja qualquer deformação permanente. (ROSSO, 2010).

Em teoria, o MOE expressa a carga necessária para distender uma peça de madeira de 1cm<sup>2</sup> em relação à sua área transversal, ao dobro do seu comprimento original. É um valor teórico, pois não se consegue esta deformação antes da ruptura do corpo. (IWAKIRI, 1982; MATOS, 1997; KLOCK, 1989).

Acima do limite proporcional, as deformações sofridas pelo material se tornam plásticas e são irreversíveis (KLOCK, 2000), caracterizando o Módulo de Ruptura (MOR).

Para Gere (2003), a resistência da madeira é dada pela sua capacidade de resistir às cargas, antes da ruptura de sua estrutura anatômica. Ainda para Parker (1963) e Matos (1997), a resistência é definida como o máximo esforço que se apresenta antes da ruptura do lenho.

Para Klock (2000), o MOE não fornece informações completas e reais sobre determinado material, mas pode-se estabelecer que altos valores de MOE expressem alta rigidez da madeira.

Considerando a mesma espécie florestal, num teste de resistência, em condições controladas, ela pode apresentar diferenças bastante importantes nos

resultados de um ensaio. Isto pode ser explicado pelos arranjos estruturais celulares, pela composição química diferente e pelos elementos anatômicos. (HAYGREEN, 2003). Esta variação deve ser considerada quando se avalia uma determinada espécie para uso estrutural. (IWAKIRI, 1982; KLOCK, 1989; MATOS, 1997).

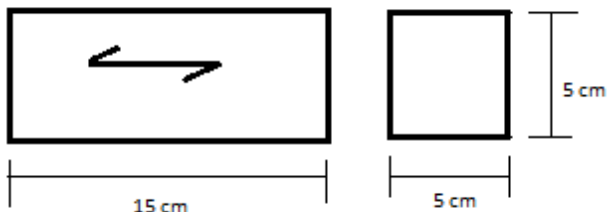
Para Larson et al.(2001), os MOE e MOR da madeira são fortemente correlacionados com a massa específica.

### 5.3.7 Compressão Paralela às Fibras

A madeira quando utilizada como estacas e pilares, por exemplo, está sujeita prioritariamente a tensões no sentido de compressão paralela às fibras. (SCREMIM, 2013). Segundo a NBR 7190:1997, cada espécie é classificada por classes de resistência obtidas neste ensaio.

O QUADRO 5.1 apresenta as principais orientações para a execução do ensaio.

QUADRO 5.1 - PARÂMETROS PARA EXECUÇÃO DO ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

PARÂMETROS	NBR 7190:1997
Dimensões do Corpo de Prova (cm)	15cm x 5cm x 5cm
Determinação da Resistência à Compressão	$f_{c0} = F_{c0,máx} / A$
Tamanho da Amostra	6 peças
Taxa de carregamento	Carregamento Monotônico crescente, com uma taxa em torno de 10MPa/minuto
Forma do Corpo de Prova	

FONTE: NBR 7190:1997

Dentre as propriedades mecânicas, a compressão paralela às fibras fornece o MOE que determina a rigidez da madeira nesta direção, na fase de comportamento elástico-linear. Neste caso, a força é aplicada na direção paralela ao comprimento das células. As células proporcionam resistência, em especial comparando-se à mesma solicitação na direção perpendicular. (SCALIANTE; ALMEIDA; MACEDO, 2011).

### 5.3.7 Flexão Estática

A flexão estática é a relação entre a energia suportada pela madeira no momento da carga e a área da seção transversal do corpo-de-prova. Ou ainda é a carga que uma viga pode suportar. (SCALIANTE; ALMEIDA; MACEDO, 2011).

De acordo com Lima Junior, Breese e Cahalan. (2008), a resistência à flexão estática é uma das mais importantes propriedades mecânicas da madeira. Ela é determinada pela aplicação tangencial de uma carga em relação aos anéis de crescimento de um corpo-de-prova apoiado nos extremos

Dias e Lahrs (2004) afirmam que um critério para classificação de toras de madeira para fins estruturais é a flexão estática, uma vez que há uma boa correlação entre a rigidez à flexão e a resistência mecânica.

Os parâmetros determinantes da flexão estática num ensaio são o MOR e o MOE. Ambos expressam bem a resistência da madeira e indicam os seus possíveis usos. (MOREIRA, 1999).

O MOE e o MOR são obtidos simultaneamente no ensaio de um mesmo corpo de prova. O MOR é um valor convencional fornecido pela máxima tensão normal que pode atuar em um corpo de prova no ensaio de flexão simples e é calculado com a hipótese da madeira ser um material homogêneo e isotrópico. (SCANAVACA; GARCIA, 2004).

A determinação do MOE fornecerá a capacidade da madeira de resistir à deformação, quando sujeita aos esforços à flexão. (OLIVEIRA, 2007).

Segundo Scanavaca e Garcia (2004), a flexão estática é de maior importância na caracterização tecnológica do material, uma vez que, recebe uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da madeira, podendo assim representar a resistência da mesma.

Para realizar o ensaio de flexão estática, segue-se a NBR 7190:1997, conforme QUADRO 5.2.

QUADRO 5.2: PARÂMETROS PARA EXECUÇÃO DO ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA PELA NBR 7190:1997

PARÂMETROS	NBR 7190:1997
Dimensões do Corpo de Prova (cm)	115cm x 5cm x 5cm
Determinação da Resistência à Flexão	$f_M = M_{máx} / W_e$
Tamanho da Amostra	6 peças
Taxa de carregamento	Carregamento Monotônico crescente, com uma taxa em torno de 10MPa/minuto

FONTE: NBR 7190:1997

### 5.3.9 Método de avaliação da qualidade da madeira para fins estruturais – NBR7190

Para a seleção das peças que compuseram a amostra foi adotado o critério conforme o item 6.4.4 da NBR 7190(NBR 7190/1997, p.17):

A condição de madeira de primeira categoria somente pode ser admitida se todas as peças estruturais forem classificadas como isentas de defeitos, por meio de método visual normalizado, e também submetido a uma classificação mecânica, que garanta a homogeneidade da rigidez das peças que compõem o lote de madeira a ser empregado. (ABNT NBR7190/1997, p.17).

### 5.3.10 Correlação Linear de Pearson

A correlação entre duas variáveis indica a força e a direção do relacionamento linear entre elas. É expressa pelo Coeficiente de Correlação de Pearson. Este cálculo matemático resulta em um coeficiente de valor adimensional que se admite variar de +1 a -1. Quanto maior a proximidade do coeficiente resultante do limite superior (+1) e inferior (-1), maior será a correlação existente entre as variáveis. (FIGUEIREDO FILHO; SILVA Jr., 2009).

O coeficiente de correlação “r” é dado pela razão entre a covariação e a raiz quadrada do produto das variações de y e x, representado pela fórmula:

$$r = \frac{n \cdot \sum(x_i \cdot y_i) - \sum(x_i) \cdot \sum(y_i)}{\sqrt{(n \cdot \sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \cdot \sqrt{(n \cdot \sum y_i^2) - (\sum y_i)^2}} \quad (1)$$

onde:

*r*: Coeficiente de Correlação Linear de Pearson

*x* e *y*: variáveis do estudo

Segundo Callegari e Jaques (2003) o coeficiente de correlação fornece um resultado de fácil interpretação, assim: se  $0,00 < r < 0,30$  existe fraca correlação positiva; se  $0,30 < r < 0,60$  existe moderada correlação positiva; se  $0,60 < r < 0,90$  existe forte correlação positiva; se  $0,90 < r < 1,0$  existe correlação positiva muito forte.

Para a análise da correlação negativa, adotam-se os mesmos critérios, somente que os valores de *r* assumem o sinal negativo.

Outros autores propõem as seguintes interpretações: Cohen (1988) considera valores de 0,10 a 0,29, pequena correlação; 0,30 a 0,49, média correlação; 0,50 a 1,0 alta correlação.

Para Dancey e Reidy (2005), valores entre 0,10 e 0,30, significam fraca correlação; entre 0,40 e 0,69, moderada correlação, e, entre 0,7 e 1,0 forte correlação

Ainda, segundo Agranokik e Machado (2011), *r* maior que 0,3 expressa uma correlação positiva e forte.

### 5.3.11 Análise de Regressão Linear Múltipla

A análise da correlação entre MOE, MOR e o número de anéis e massa específica são aplicadas como a primeira tentativa de justificar o uso de equações de estimativas.

Uma vez constatado que há algum tipo de correlação entre os dados, ou seja, as variáveis se influenciam entre si, pode-se partir para a análise de regressão, onde se estabelece a variável resposta – variável dependente, e as variáveis independentes. (FRIZANCO, 2007).

No entanto, uma equação de regressão não “explica” por completo o MOE e o MOR, havendo outras variáveis que os influenciam como: a) Defeitos no corpo-de-prova (textura, nós, presença de medula, fibras reversas, fendas e ventas); b)



Umidade do corpo-de-prova; c) Tempo de duração de carga sobre a resistência (ruptura retardada); d) Temperatura sobre a resistência; e) Resistência à fadiga da madeira (ação de cargas cíclicas); f) Resistência da madeira a efeitos de curta duração; g) Inclinação das fibras; h) Posição na árvore. (PFEIL, 2013)

Viviani et. al (2010) utilizaram de funções matemáticas de regressão para relacionar massa específica, anisotropia, compressão perpendicular às fibras, compressão paralela às fibras e cisalhamento. Nos indicadores de ajuste, os melhores resultados do Coeficiente de Determinação Ajustado foram na ordem de 44%; 3% e 45%.

### 5.3.12 Nomenclatura para Peças de Madeira Estrutural

A norma que estabelece as dimensões e a denominação das peças de madeira é a NBR 7203/1982 – Nomenclatura das Peças de Madeira Serrada e/ou beneficiada. As dimensões são nominais dadas em espessura (cm) x largura (cm), conforme TABELA 5.5.

TABELA 5.5 - DIMENSÕES DE PEÇAS DE MADEIRA

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)
Viga	> 4,0	11
Viga	4	15
Viga	4	20
Viga	5	6
Viga	6	12
Viga	6	16
Viga	6	20
Viga	6	25
Viga	7,5	15
Viga	7,5	11,5
Viga	15	15
Viga	5	15
Viga	5	20
Viga	6	30
Coluna ou Viga	15	15
Coluna	20	30

FONTE: NBR 7203 /1982

## 5.4 MATERIAIS E MÉTODO

Da região donde foram coletados os dados para o estudo, foram coletadas vigas para a confecção dos corpos-de-prova e a realização dos ensaios que definiram as propriedades mecânicas da madeira.

Do total de vigas coletadas, foram selecionadas as que apresentaram variação no número de anéis anuais, para confeccionar os corpos de prova com diferentes números de anéis.

Para os ensaios de compressão e flexão foi utilizada a Máquina Emic DL30000N, Programa Tesc Versão 3.04 do Laboratório de Tecnologia da Madeira, do Curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal do Paraná, conforme FIGURA 5.1

FIGURA 5.1 - MÁQUINA EMIC DL30000N, PROGRAMA TESC VERSÃO 3.04



FONTE: O autor (2013)

A Norma utilizada foi a NBR7190 de Agosto de 1997 (ABNT).

O módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR) foram obtidos no ensaio de compressão paralela às fibras e no ensaio de flexão estática (NBR 7190:1997) determinados pela Máquina EMIC em seu *script*, pela inclinação da reta secante à curva tensão x deformação, definidas pelos pontos  $(\sigma_{10\%}; \epsilon_{10\%})$  e  $(\sigma_{50\%}; \epsilon_{50\%})$ , correspondentes respectivamente a 10% e 50% da resistência à compressão paralela às fibras. (NBR 7190:1997). Dada pela fórmula:

$$E_{c0} = \frac{\sigma_{50\%} - \sigma_{10\%}}{\epsilon_{50\%} - \epsilon_{10\%}} \quad (2)$$

onde:

$\sigma_{50\%}$  e  $\sigma_{10\%}$  são as tensões de compressão correspondentes a 50% e 10% da resistência  $f_{c0}$  (resistência à compressão paralela às fibras);

$\epsilon_{50\%}$  e  $\epsilon_{10\%}$  são as deformações específicas medidas no corpo-de-prova, correspondentes às tensões de  $\sigma_{50\%}$  e  $\sigma_{10\%}$ .

Foram amostrados inicialmente 35 corpos de provas (CP) para cada ensaio. No momento dos ensaios cada CP foi analisado visualmente para definição do seu uso ou descarte. Os CP que apresentaram qualquer irregularidade que determinassem um resultado anormal do ensaio foram excluídos conforme pode ser visualizado nas FIGURAS 5.2, 5.3, e 5.4.

FIGURA 5.2 - CP DO ENSAIO DE FLEXÃO DESCARTADO



FONTE: O autor (2013)

FIGURA 5.3 - CP DO ENSAIO DE FLEXÃO APTO



FONTE: O autor (2013)

FIGURA 5.4 - CP DO ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA INAPTO E APTO

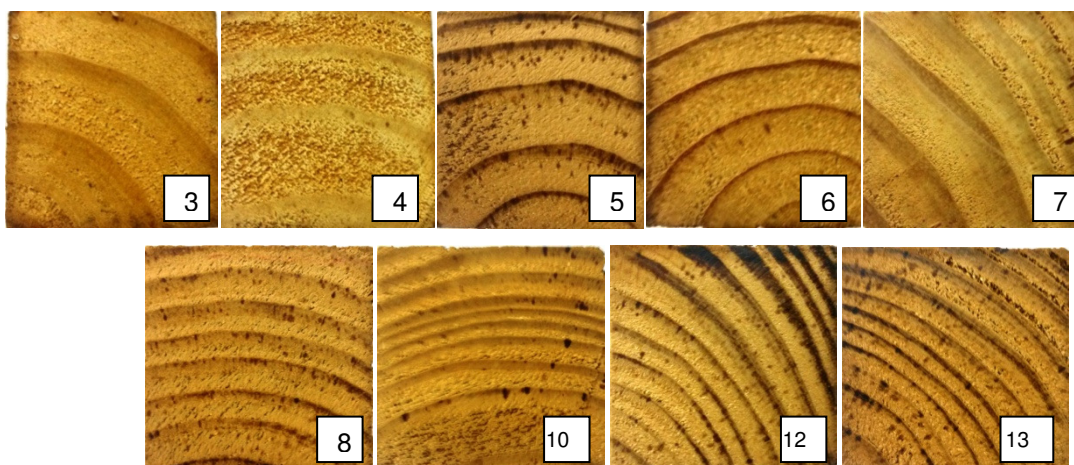


FONTE: O autor (2013)

Os CP também foram analisados sob o ponto de vista de uniformidade e homogeneidade. Procurou-se utilizar os CP que apresentassem anéis anuais uniformes e homogêneos. A FIGURA 5.5 demonstra a seleção. Os números à direita de cada figura indicam o número de anéis de cada CP. Foram fotografados os CP para o ensaio de Compressão Paralela às Fibras a partir da seção transversal, e neste caso somente o CP com 12 anéis não apresentou a uniformidade desejada.



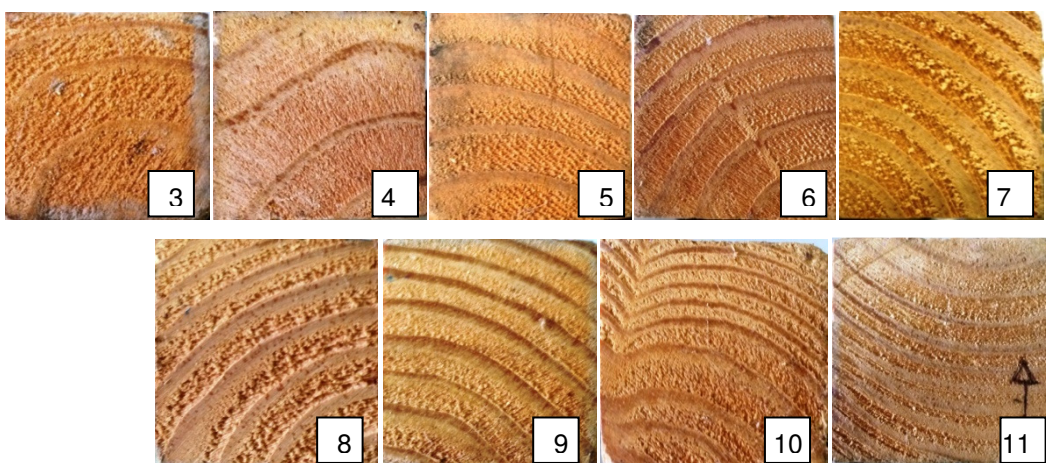
FIGURA 5.5 - Número de anéis por CP e a homogeneidade entre os anéis



FONTE: O autor (2013)

A Figura 5.6 mostra a seção transversal dos CP para o ensaio de Flexão Estática demonstrando a uniformidade e homogeneidade desejadas no estudo.

FIGURA 5.6 - Número de anéis por CP e a homogeneidade entre os anéis



FONTE: O autor (2013)

Os CP foram definidos segundo diferentes números de anéis, variando de 3 até o máximo de 13 por CP. Estes números foram determinados segundo a disponibilidade de madeira para os ensaios.

Para a análise dos resultados foi aberto um leque de possibilidades de análise em área da seção transversal do CP, número de anéis por cm de largura do CP, ou ainda, número de anéis por polegada. Esta proposta de avaliação pode ser observada no TABELA 5.6

TABELA 5.6 - FORMAS DE EXPRESSÃO DE NÚMERO DE ANÉIS POR CP

Nº Anéis/CP	Secção do CP (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Nº Anéis/cm	Nº Anéis/pol
3	5 x 5	25	0,6	3
4	5 x 5	25	0,8	4
5	5 x 5	25	1,0	5
6	5 x 5	25	1,2	6
7	5 x 5	25	1,4	7
8	5 x 5	25	1,6	8
9	5 x 5	25	1,8	9
10	5 x 5	25	2,0	10
11	5 x 5	25	2,2	11
12	5 x 5	25	2,4	12
13	5 x 5	25	2,6	13

FONTE: O autor (2013)

Não foi possível localizar peças de madeira nas dimensões dos CP com menor e maior número de anéis.

Segundo a NBR7190, os CP devem estar todos a uma umidade de 12%. Em não sendo alcançada essa umidade em determinados CP's, foi realizado o cálculo da correção da rigidez e da resistência, segundo a umidade presente no CP, conforme indicado no ANEXO F, pág. 93 da NBR7190.

Uma vez com os resultados dos ensaios, foi calculada a Correlação entre as variáveis: Compressão Paralela às Fibras (MOE e MOR) e: a) Número de Anéis Anuais no CP; b) Massa Específica; Flexão Estática (MOE e MOR) e: a) Número de Anéis Anuais no CP; b) Massa Específica.

Calculada a correlação entre as variáveis estudadas, passou-se à análise de regressão linear, testando nove equações para estabelecer a estimativa dos MOE e MOR para as duas propriedades mecânicas: compressão paralela às fibras e flexão estática.

As equações testadas são demonstradas no QUADRO 5.3:

QUADRO 5.3 - EQUAÇÕES TESTADAS PARA ESTIMATIVA DO MOR E MOE

nº	Equação
1	$y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3$
2	$\ln y = B_0 + B_1\ln x_1 + B_2\ln x_2 + B_3\ln x_3$
3	$y = B_0 + B_1 \frac{1}{x_1} + B_2 \frac{1}{x_2} + B_3 \frac{1}{x_3}$
4	$y = B_0 + B_1\ln^2x_1 + B_2\ln^2x_2 + B_3\ln^2x_3$
5	$\ln y = B_0 + B_1\ln^2x_1 + B_2\ln^2x_2 + B_3\ln^2x_3$
6	$\log y = B_0 + B_1\log^2x_1 + B_2\log^2x_2 + B_3\log^2x_3$
7	$\log y = B_0 + B_1\log x_1 + B_2\log x_2 + B_3\log x_3$
8	$y = B_0 + B_1x_1^2 + B_2x_2^2 + B_3x_3^2$
9	$y = B_0 + B_1x_1^2 + B_2x_2^3 + B_3x_3^4$

FONTE: O autor (2013)

Uma vez escolhida a melhor equação, o banco de dados foi classificado formando grupos de dados de acordo com o número de anéis anuais. Foi calculada a média da massa específica para cada agrupamento de CP, já que esta variável é mais difícil de estabelecer no caso de comercialização da madeira. O número de anéis é de fácil visualização.

Com a equação ajustada, foi realizada a estimativa de MOE e MOR para as duas propriedades mecânicas estudadas.

Foram considerados para as estimativas o maior número possível de anéis anuais, a média aritmética da massa específica referente àquele número de anéis e aplicadas estas variáveis à equação ajustada resultando em MOR e MOE estimado de acordo com os regimes de manejo do presente estudo.

Para a estimativa da rigidez e resistência em compressão paralela às fibras e para a flexão nas diferentes peças de madeira normatizadas na NBR 7203/1982, foi calculada a quantidade máxima possível de anéis de crescimento na face transversal da peça. A dimensão da largura (cm) da peça de madeira foi multiplicada pelo número máximo possível de anéis/cm, conforme TABELA 5.8 - FORMAS DE EXPRESSÃO DE NÚMERO DE ANÉIS POR CP. No caso do ensaio de compressão paralela, 13 anéis no CP, ou 2,6 anéis/cm, e, no caso da flexão, 11 anéis no CP, ou 2,2 anéis/cm.

Todos os cálculos foram realizados através da Ferramenta de Análise de Dados – Regressão, do Microsoft Office Excel® 2010, com nível de confiança de 95%.

Considerando a amplitude do presente estudo, não foi possível ponderar diretamente outros fatores que influenciam na resistência e rigidez da madeira, como: idade da árvore, altura na árvore de onde foi tirada madeira para compor os CP, largura dos anéis, proporção entre lenho inicial e final no anel anual, variações de sítio e a presença de lenho juvenil e lenho maduro. Uma forma de abordagem destes outros fatores foi a composição da amostra realizada para os ensaios.

A madeira que originou os CP veio de serrarias do Distrito de Ouro Verde, ou de serrarias onde as toras desse distrito são entregues, e lá, aleatoriamente foram coletadas vigas, sem qualquer tendência de amostragem. O único critério adotado foi o número de anéis anuais por viga, que variou de 3 a 13.

Desta forma, indiretamente, estes outros fatores são considerados no presente estudo.

Os valores médios de resistência a compressão paralela as fibras da literatura foram obtidos por ensaios realizados de acordo com a Norma NBR 7190. Para termos de comparação foram utilizados exclusivamente aqueles do Anexo E da Norma NBR7190-1997, Tabelas E1, E2, E3, páginas 90-92 tornando possível a comparação por se tratar de resultados segundo a mesma norma.



## **5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

São apresentados os resultados e discussão segundo os objetivos estabelecidos.

### **5.5.1 Compressão Paralela às Fibras**

#### **5.5.1.1 Propriedades Físicas dos CP - Massa Específica Aparente**

Do total de 35 corpos de prova, foram utilizados 29 para o ensaio, isentos de defeitos e alcançando a amplitude de 3 a 13 anéis anuais por peça.

#### **5.5.1.2 Relação entre as Propriedades Físicas e Propriedades Mecânicas – Compressão Paralela às Fibras**

Os resultados de Número de Anéis Anuais por peça, Massa Específica, do MOE e MOR, são apresentados na Tabela 5.7:

TABELA 5.7 - CARACTERÍSTICAS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E PROPRIEDADES MECÂNICAS NOS CP – ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Nº CP	Nº de Anéis	Massa Específica (kg/m³) ( $\rho_{ap12\%}$ )	MOE (MPa) ( $E_{co}$ )	MOR (MPa) ( $f_{co}$ )
1	3	415,33	6314,8	28,76
2	3	434,19	3100,0	20,90
3	3	422,05	3625,8	20,93
4	3	497,44	4725,0	37,38
5	4	468,49	3105,7	21,11
6	4	492,39	3747,0	21,67
7	4	467,37	3248,4	21,65
8	4	519,48	6104,6	30,61
9	4	478,01	4932,8	34,57
10	4	447,82	4045,52	28,68
11	4	480,19	6546,9	32,42
12	4	499,01	10044,2	38,20
13	4	495,97	10057,9	28,10
14	4	518,53	11547,9	42,73
15	5	445,15	5244,28	32,39
16	5	433,47	5161,9	35,19
17	5	508,21	12641,9	42,10
18	5	460,44	8334,0	29,58
19	5	503,03	4078,8	24,75
20	6	444,93	5313,7	36,08
21	6	368,93	9915,9	43,51
22	6	543,43	14821,9	40,80
23	7	506,57	12361,0	44,71
24	8	518,47	11166,1	38,20
25	8	510,03	13516,7	41,97
26	8	458,70	7197,2	48,94
27	10	533,74	12595,8	48,44
28	12	535,31	16297,8	44,20
29	13	483,25	19745,8	41,94

FONTE: O autor (2013)

Analisando o resultado da Massa Específica dos CP, esta variou de 368kg/m³ a 543Kg/m³, enquanto que a NBR7190/97 expressa o valor de 645Kg/m³.

Para Rall (2006), e Pfeil (2013) o *Pinus taeda* L. pode apresentar um amplo espectro de variações de Massa Específica. Isto pode ocorrer devido a variáveis que influenciam nos resultados obtidos, como: características do corpo-de-prova (textura, fibras reversas, fendas e ventas); fluência da madeira; inclinação das fibras e posição do tronco onde foram retiradas as tábuas para a confecção dos corpos de

prova. (KOCH, 1972); (WAHLGREN; SCHUMAN,1972); (TRIANOSKI, 2012); (ZOBEL, 1961); (SHIMOYAMA, 2005).

Os resultados obtidos estão em consonância com o valor massa específica citado pelo WOOD HANDBOOK (1987) que expressa que o *Pinus taeda* L. em suas regiões de origem apresenta massa específica básica de 470Kg/m<sup>3</sup>.

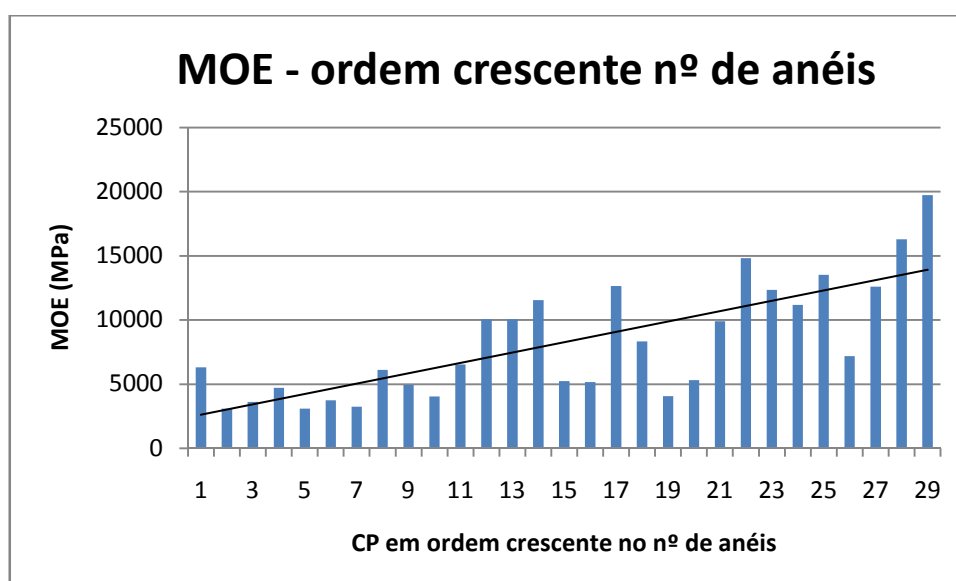
A amostra do presente estudo chegou ao valor mínimo 368kg/m<sup>3</sup>, mais próximo aos valores citados por Trianoski (2012), ao estudar *Pinus taeda* aos 17 anos, enquanto que o valor máximo obtido foi de 543Kg/m<sup>3</sup>, mais próximo dos citados somente por Ballarin e Lara Palma (2003) ao estudar *Pinus taeda* com 37 anos e Shimoyama(2005) com indivíduos aos 30 anos.

No MOE obtido no ensaio de compressão paralela às fibras, o menor valor encontrado foi de 3.099,98MPa para um corpo-de-prova com 3 anéis. O valor máximo foi de 19.745,81MPa para um corpo de prova com 13 anéis. A NBR 7190/97 expressa que o valor para *Pinus taeda* L. é de 13.304MPa. Essa diferença pode ser explicada pela afirmativa de Pfeil (2013).

Nos resultados apresentados, percebe-se um aumento do MOE à medida do aumento do Número de Anéis Anuais, corroborando com os estudos de Krambek e Simão (2003).

A FIGURA 5.7 mostra a evolução do MOE no ensaio de compressão paralela às fibras em relação ao Número de Anéis Anuais nos CP.

FIGURA 5.7 – COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS - RIGIDEZ EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE ANÉIS

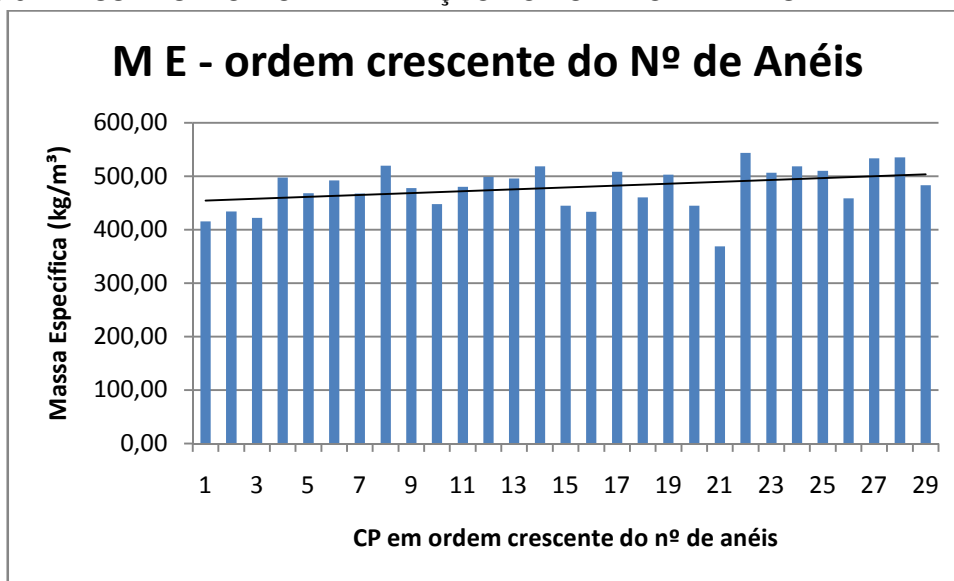


FONTE: O AUTOR

Foi estabelecida uma medida de tendência para melhor visualização do resultado, onde se percebe uma evolução crescente da rigidez à medida que aumenta o número de anéis no CP.

Com relação à Massa Específica, a FIGURA 5.8 expressa a evolução da Massa Específica em relação ao número de anéis nos CP.

FIGURA 5.8 - MASSA ESPECÍFICA EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE ANÉIS



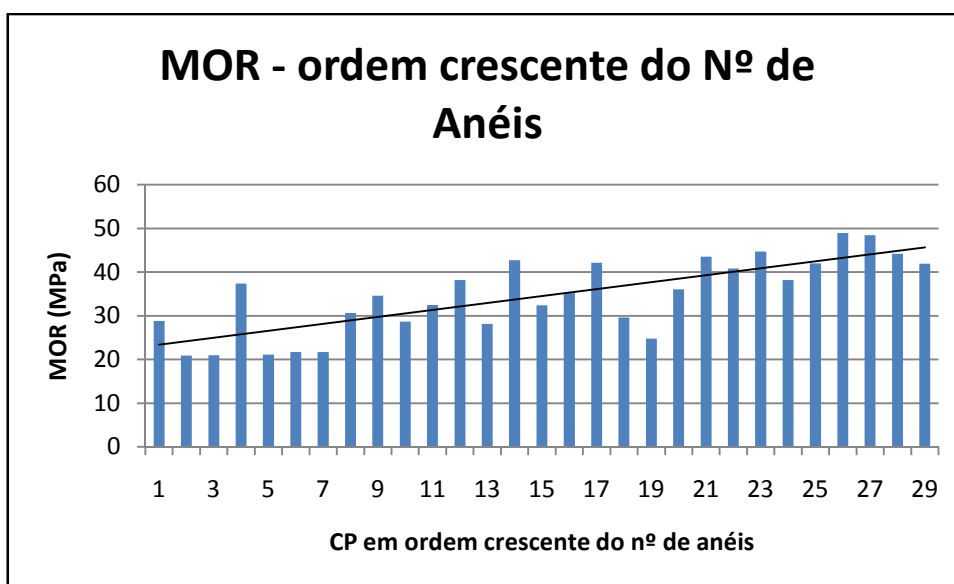
FONTE: O autor(2013)

A medida de tendência demonstra que a massa específica aumenta sutilmente à medida que o número de anéis aumenta, expressando a idéia de Surdi et al. (2014).

Analisando o MOR, o valor mínimo encontrado foi de 20,90MPa para um CP com 3 anéis anuais. O valor máximo foi de 48,94MPa para um CP com 8 anéis anuais.

Nos resultados apresentados, percebe-se um aumento da resistencia à medida do aumento do número de anéis, corroborando com os estudos de Krambek e Simão (2003). Para melhor visualização dos resultados a FIGURA 5.9 expressa esta relação.

FIGURA 5.9 - MOR EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO



FONTE: O autor (2013)

Foi estabelecida uma medida de tendência para melhor visualização do resultado. Percebe-se uma evolução crescente do MOR à medida que aumenta o número de anéis no CP.

#### 5.5.1.3 Propriedades Mecânicas da Madeira - Compressão Paralela às Fibras

A partir da composição da amostra, foi realizado o ensaio de Compressão Paralela às Fibras.

##### 5.5.1.3.1 Avaliação da Rigidez através da determinação do MOE

Inicialmente a análise partiu da correlação entre as variáveis, na sequência a análise de regressão linear.

##### 5.5.1.3.2 Correlação

Foi calculado o Coeficiente de Correlação de Pearson para as variáveis propostas, uma vez que o valor de  $r$  é de fácil interpretação. Desta maneira apresentam-se os resultados na TABELA 5.8.

TABELA 5.8 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS

	<i>Nº Anéis</i>	<i>ME</i>	<i>MOE (MPa)</i>
Nº de Anéis	1		
Massa Específica (Kg/m³)	0,34966	1	
MOE (MPa)	0,77512	0,503081	1

FONTE: O autor(2013)

Utilizando o critério de Callegari-Jaques (2003), a TABELA 5.9 demonstra que há correlação positiva forte para as variáveis: Número de Anéis e MOE. Há correlação positiva moderada entre Massa Específica e MOE, Número de Anéis e Massa Específica.

Conforme Neto (2002) percebe-se que à medida que a quantidade de anéis aumenta, o MOE aumenta e esta foi a correlação mais forte no ensaio, seguida da correlação entre Massa Específica e MOE.

#### 5.5.1.3.3 Estimativa da Rigidez através de Regressão Linear

Seguindo o objetivo de estimar valores para o MOE para peças de madeira segundo os objetivos propostos, procedeu-se ao ajuste de 9 equações através do método de análise de regressão linear.

A TABELA 5.9 apresenta os resultados alcançados do ajuste das equações e os indicadores estatísticos.

TABELA 5.9 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS:

Equação	B0	B1	B2	R² ajust	Sxy	Sxy%	F tabelar	F calc
1	-12216,0990	1184,27595	29,02409	63,62%	2719,78	32,93%	7,46E-07	25,4796
2	-2,90359136	0,95152745	1,662460	53,09%	2692,65	32,60%	2,03E-05	16,8449
3	28189,5774	-38632,2417	1,662460	53,12%	3087,39	37,38%	2,01E-05	16,8618
4	-36712,3069	2146,17925	510,9312	62,32%	2768,00	33,51%	1,17E-06	24,1507
5	3,36982617	0,23993142	0,126950	52,85%	2880,68	34,87%	2,16E-05	16,6954
6	1,46349691	0,55246252	0,292313	52,85%	2848,88	34,49%	2,16E-05	16,6954
7	-0,78821302	0,86744207	1,504038	53,11%	2806,26	33,97%	2,02E-05	16,8547
8	-2761,51219	75,4301426	0,035513	63,45%	2726,04	33,00%	7,92E-07	25,3032
9	-444,775614	74,4421837	0,000053	64,31%	2693,71	32,61%	5,81E-07	26,2282

FONTE: o Autor (2015)

Testadas todas as equações, a Equação 9:

$$y=B0+B1*x_1^2+B2*x_2^3 \quad (3)$$

onde:

$y$ : MOE (MPa);

$x_1^2$ : Número de Anéis elevado ao quadrado;

$x_2^3$ : Massa Específica elevada ao cubo (kg/m<sup>3</sup>);

apresentou o melhor ajuste, para o conjunto de dados, considerando os indicadores estatísticos: R<sup>2</sup> ajustado, Sxy% Teste de F e o Gráfico de Resíduos

A equação escolhida apresentou indicadores de ajuste adequados a partir dos critérios citados por Sanquetta (2009), e foram expressivamente melhores dos que os citados por Viviani et al (2010).

Ponderando os resultados obtidos por Viviani et al. (201), as afirmações de Pfeil (2013) e Rall (2006), considera-se os resultados como aceitáveis.

A partir dos resultados do ajuste da equação que estima os valores da rigidez para compressão paralela às fibras, pôde-se estimar a rigidez para diferentes configurações de anéis anuais considerando os valores médios de massa específica.

As estimativas são apresentadas nas TABELAS 5.10 a 5.15:

TABELA 5.10 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 3 ANÉIS ANUAIS

3 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m <sup>3</sup> )	MOE estimado (MPa)
3	415,33	
3	434,19	
3	422,05	
3	497,44	
MÉDIAS	440,64	4744

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.11 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 4 ANÉIS ANUAIS

4 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
4	468,49	
4	492,39	
4	467,37	
4	519,48	
4	478,01	
4	447,82	
4	480,19	
4	499,01	
4	495,97	
4	518,53	
MÉDIAS	486,73	6836

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.12 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA 5 ANÉIS ANUAIS

5 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
5	445,15	
5	433,47	
5	508,21	
5	460,44	
5	503,03	
MÉDIAS	470,06	6902

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5. 13 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA ENTRE 6 ANÉIS ANUAIS

6 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
6	444,93	
6	368,93	
6	543,43	
MÉDIAS	452,43	7127

FONTE: O autor (2013)



TABELA 5.14 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA ENTRE 7 A 8 ANÉIS ANUAIS

7 a 8 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
7	506,57	
8	518,47	
8	510,03	
8	458,7	
MÉDIAS	498,44	10860

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.15 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 10 A 13 ANÉIS

10 a 13 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
10	533,74	
12	535,31	
13	483,25	
MÉDIAS	517,43	19453

FONTE: O autor (2013)

Para melhor compreensão dos resultados obtidos, a TABELA 5.16 apresenta um resumo segundo a massa específica e o número de anéis.

TABELA 5.16 - RESUMO DO MOE ESTIMADO SEGUNDO O NÚMERO DE ANÉIS E MASSA ESPECÍFICA

ESTIMATIVA DA RIGIDEZ		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE (MPa)
3	440,64	4744
4	486,73	6836
5	470,06	6902
6	452,43	7127
7 a 8	498,44	10860
10 a 13	517,43	19453

FONTE: O autor (2013)

Percebe-se que segundo a amostragem feita, somente as peças com mais de 10 a 13 anéis apresentam MOE superior ao da Norma ABNT NBR7190 (13304MPa). A Norma não informa a idade com a qual foi constituído o valor do MOE. Considera-se nesta diferença todas as variáveis que compuseram tanto os ensaios para definição da NBR, quanto do presente estudo: sítio, idade da árvore, altura na árvore em que foi constituído o CP e outros, conforme Pfeil (2013).

#### 5.5.1.3.4 Avaliação da Resistência através da determinação do MOR

Da mesma forma que o realizado com o MOE, inicialmente a análise partiu da correlação e por fim a análise de regressão.

#### 5.5.1.3.5 Correlação

Foi calculado o Coeficiente de Correlação de Pearson para as variáveis propostas, uma vez que o valor de  $r$  é de fácil interpretação. Desta maneira apresentam-se os resultados na TABELA 5.17.

TABELA 5.17 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS

	<i>Nº Anéis</i>	<i>M E</i>	<i>MOR (MPa)</i>
Nº de Anéis	1		
Massa Específica (Kg/m³)	0,34966	1	
MOR (MPa)	0,65680	0,34103	1

FONTE: O autor (2013)

Utilizando o critério de Callegari-Jaques (2003), a Tabela 5.18 demonstra que há correlação positiva forte para as variáveis: Número de Anéis e MOR, positiva moderada entre Massa Específica e MOR, Massa Específica e Número de Anéis.

Conforme Neto (2002) percebe-se que à medida que a quantidade de anéis aumenta, o MOR também aumenta.

#### 5.5.1.3.6 Estimativa da Resistência através de Regressão Linear

Para caracterizar e estimar valores para o MOR para peças de madeira segundo os objetivos propostos, procedeu-se ao ajuste de 9 equações através do método de regressão linear.

A TABELA 5.18 apresenta os resultados alcançados do ajuste das equações e os indicadores estatísticos.

TABELA 5.18 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS:

Equação	B0	B1	B2	R <sup>2</sup> ajust	Sxy	Sxy%	F tabelar	F calculado
1	10,2055	2,0533	0,0269	40,29%	6,7341	19,52%	4,68E-04	10,4458
2	2,2030	0,4285	0,1686	53,52%	6,1432	17,81%	1,80E-05	17,1224
3	57,4661	-79,9568	-2906,9521	46,04%	6,4014	18,55%	1,25E-04	12,9461
4	-6,2722	3,9239	0,7819	43,59%	6,5453	18,97%	2,24E-04	11,8180
5	2,1658	0,1155	0,0267	39,46%	6,8691	19,91%	5,60E-04	10,1238
6	0,9406	0,2660	0,0616	39,46%	6,8637	19,89%	5,60E-04	10,1238
7	0,4615	0,4312	0,2825	42,32%	6,6070	19,15%	2,99E-04	11,2712
8	20,3291	0,1145	4,28E-05	32,11%	7,1803	20,81%	2,48E-03	7,6222
9	22,8595	0,1127	6,63E-08	32,75%	7,1463	20,71%	2,19E-03	7,8187

FONTE: o AUTOR (2015)

Testadas todas as equações, a equação 2:

$$\text{Ln}y = B_0 + B_1 \text{Ln}^2x_1 + B_2 \text{Ln}^2x_2 \quad (4)$$

onde:

*Ln*y: Logaritmo neperiano do MOR (MPa)

*Ln*<sup>2</sup>*x*<sub>1</sub>: Logaritmo neperiano elevado ao quadrado do Número de Anéis;

*Ln*<sup>2</sup>*x*<sub>2</sub>: Logaritmo neperiano elevado ao quadrado da Massa Específica (Kg/m<sup>3</sup>);

apresentou o melhor ajuste, para o conjunto de dados, considerando os indicadores estatísticos.

Comparativamente com os gráficos de resíduos das demais equações, o gráfico da Equação 2 apresentou a melhor distribuição dos pontos ao longo da linha de regressão conforme sugere sendo o ideal, Barros (2002). (APÊNDICE 3).

A equação escolhida apresentou indicadores de ajuste aceitáveis como cita Sanquetta (2009), e muito melhores do que os citados por Viviani et al. (2010).

Ponderando os resultados obtidos por Viviani et al. (2010), as afirmações de Pfeil (2013) e Rall (2006), considera-se os resultados como aceitáveis.

A partir dos resultados do ajuste da equação para Compressão Paralela às Fibras, pôde-se estimar o MOR para diferentes configurações de anéis anuais.

Considerando então um número pré-determinado de anéis anuais e as médias da massa específica, foi estimado o valor do MOR, conforme TABELAS 5.19 a 5.24:

TABELA 5.19 - MOR ESTIMADO PARA CORPOS DE PROVA COM 3 ANÉIS ANUAIS

3 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
3	415,33	
3	434,19	
3	434,19	
3	422,05	
3	497,44	
MÉDIAS	440,64	40,45

FONTE: O autor(2013)

TABELA 5.20 - MOR ESTIMADO PARA CORPOS DE PROVA COM 4 ANÉIS ANUAIS

4 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
4	468,49	
4	492,39	
4	467,37	
4	519,48	
4	478,01	
4	447,82	
4	480,19	
4	499,01	
4	495,97	
4	518,53	
MÉDIAS	486,73	46,52

FONTE: O autor(2013)

TABELA 5.21 - MOR ESTIMADO PARA CORPOS DE PROVA COM 5 ANÉIS ANUAIS

5 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
5	445,15	
5	433,47	
5	508,21	
5	460,44	
5	503,03	
MÉDIAS	470,06	50,89

FONTE: O autor(2013)

TABELA 5.22 - MOR ESTIMADO PARA CORPOS DE PROVA COM 6 ANÉIS ANUAIS

6 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
6	444,93	
6	368,93	
6	543,43	
MÉDIAS	452,43	54,67

FONTE: O autor(2013)

TABELA 5.23 - MOR ESTIMADO PARA CORPOS DE PROVA COM 7 A 8 ANÉIS ANUAIS

7 a 8 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
7	506,57	
8	518,47	
8	510,03	
8	458,7	
MÉDIAS	498,44	
		62,87

FONTE: O autor(2013)

TABELA 5.24 - MOR ESTIMADO PARA CORPOS DE PROVA COM 10 A 13 ANÉIS ANUAIS

10 a 13 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
10	533,74	
12	535,31	
13	483,25	
MÉDIAS	517,43	77,89

FONTE: O autor(2013)

Para melhor compreensão dos resultados, a TABELA 5.25 expressa o resumo das estimativas da resistência segundo a variação do número de anéis e massa específica.

TABELA 5.25 –RESUMO DO MOR ESTIMADO PARA DIFERENTES NÚMEROS DE ANÉIS

ESTIMATIVA DA RIGIDEZ		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE (MPa)
3	440,64	40,45
4	486,73	46,52
5	470,06	50,89
6	452,43	54,67
7 a 8	498,44	62,87
10 a 13	517,43	77,89

FONTE: O autor(2013)

Percebe-se que as estimativas ficaram coerentes com os valores reais obtidos no ensaio, o que expressa que a equação e o conjunto de dados expressam a realidade do comportamento da madeira, podendo ser utilizada. Da mesma forma, ficaram próximos dos valores obtidos por ensaios por Trianoski et al. (2012).

#### 5.5.2 Flexão Estática

A partir do conjunto de CP, foi realizado o ensaio de flexão estática, cujos resultados e discussão são apresentados.

##### 5.5.2.1 Propriedades Físicas dos CP – Massa Específica e Propriedades Mecânicas para ensaio de flexão

Do total de 35 corpos de prova, foram utilizados 32 para o ensaio, isentos de defeitos e alcançando a amplitude de 3 a 11 anéis por peça.

Os resultados de Número de Anéis Anuais por peça, Massa Específica Teor de Umidade, do MOE e MOR, são apresentados na TABELA 5.26:

TABELA 5.26 - RELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E PROPRIEDADES MECÂNICAS NOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIO DE FLEXÃO

Nº CP	Nº de Anéis	Massa Específica (kg/m³)	MOE (MPa) corrigido	MOR (MPa) corrigido
3	3	456,2789	7394,5	42,39
4	3	481,3098	9505,6	46,36
5	3	435,4125	4621,6	17,73
2	4	458,9024	9058,4	45,98
6	4	472,1333	8725,5	44,17
10	4	493,3628	14983,9	60,93
21	4	539,1831	14030,4	58,18
7	5	436,5441	8577,3	47,90
8	5	487,6602	15294,2	63,17
9	5	446,1783	6177,9	33,13
11	5	504,4581	6842,6	38,75
15	5	551,2237	13402,0	58,64
18	5	539,5206	23444,4	74,08
1	6	410,8340	3675,6	15,64
12	6	505,2310	16171,3	71,37
13	6	461,7911	9409,9	51,14
14	6	475,6465	10327,1	51,14
16	6	420,2002	7664,1	44,09
17	7	458,3471	8197,7	47,57
19	7	486,4550	14266,5	59,82
20	7	440,9381	16838,7	59,24
28	7	513,9898	12971,7	58,62
22	8	554,0201	21671,0	77,34
23	8	465,0873	15848,0	62,95
24	8	526,6095	22573,3	75,14
26	8	552,0147	26326,5	78,43
27	8	573,3025	23653,8	76,93
25	9	482,6171	6507,0	35,75
29	9	543,8971	24156,3	74,78
30	9	504,5347	22653,0	71,37
31	10	502,9645	18316,6	67,34
32	11	643,1251	34829,3	96,80

FONTE: O autor (2013)

Analisando o resultado da Massa Específica dos CP, esta variou de 410kg/m³ a 643Kg/m³, enquanto que a NBR7190/97 expressa o valor de 645Kg/m³.

Para Rall (2006), o *Pinus taeda* L. pode apresentar um amplo espectro de variações de Massa Específica.

Conforme citado para os CP para o ensaio de compressão paralela às fibras, Pfeil (2013), explica que isto pode ocorrer devido a variáveis que influenciam nos resultados obtidos, como: características do corpo-de-prova (textura, fibras reversas, fendas e ventas); fluência da madeira; inclinação das fibras e posição do tronco onde foram retiradas as tábuas para a confecção dos corpos de prova. (KOCH, 1972); (WAHLGREN; SCHUMAN, 1972); (TRIANOSKI, 2012); (ZOBEL, 1961); (SHIMOYAMA, 2005).

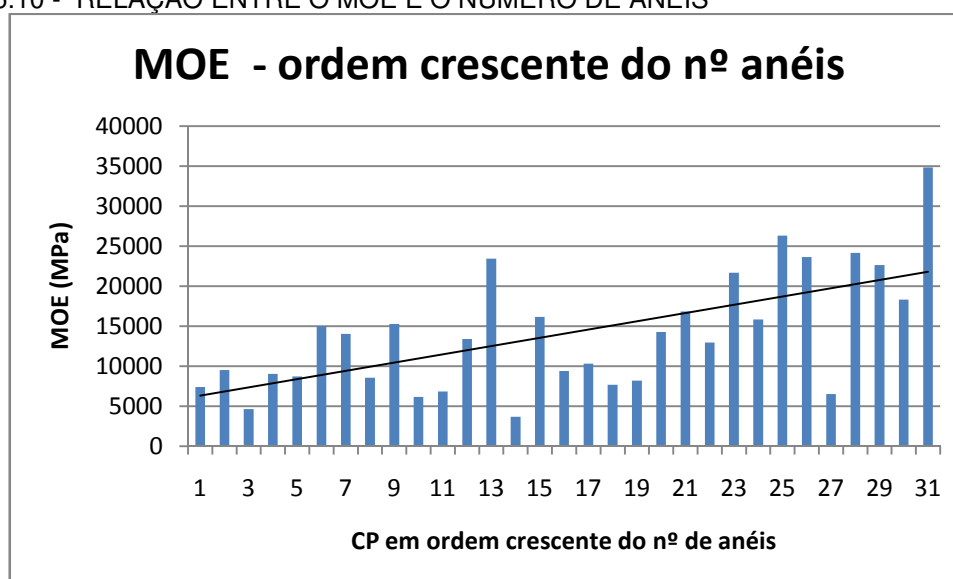
Para o WOOD HANDBOOK (1987) nos seus locais de origem, como espécie nativa, o *Pinus taeda* L. apresenta massa específica básica de 470Kg/m<sup>3</sup>, enquanto que nos CP que compuseram a amostra, os valores ficaram entre 410kg/m<sup>3</sup> a 643Kg/m<sup>3</sup>, mais próximo portanto, do valor mínimo encontrado.

O valor mínimo e máximo do MOE obtidos no ensaio foram respectivamente: 3.675,59MPa e 34.829,34MPa.

O valor mínimo está abaixo do valor encontrado por Trianoski (2012). O valor máximo está expressivamente acima dos valores encontrados pelo mesmo autor tanto para *Pinus taeda* L. como para os outros pinus tropicais da pesquisa. Estão acima também dos valores encontrados na NBR7190:1997 inclusive para as espécies de *Eucalyptus spp.*

Analisando a relação entre o MOE e o Número de Anéis Anuais, percebe-se na FIGURA 5.12 que à medida que aumentam os anéis nos CP, aumenta também o MOE para Flexão Estática.

FIGURA 5.10 - RELAÇÃO ENTRE O MOE E O NÚMERO DE ANÉIS

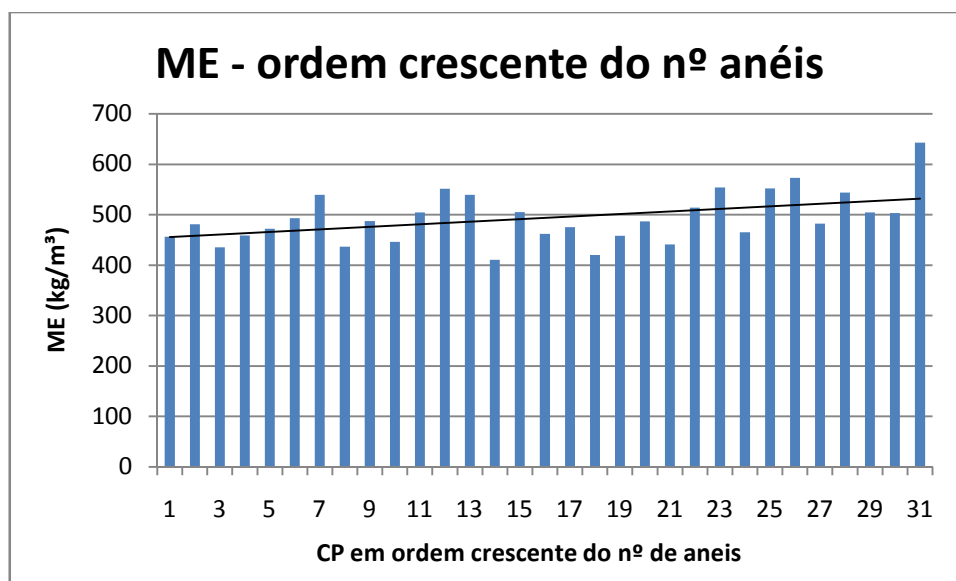


FONTE: O autor (2013)



Fazendo a mesma analogia, entre a Massa Específica e Número de Anéis, percebe-se também uma relação linear ascendente entre as variáveis corroborando com as afirmações de Krambek e Simão (2003) e Rall (2006) visualizado na FIGURA 5.13

FIGURA 5.11 - RELAÇÃO ENTRE A MASSA ESPECÍFICA E O NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO



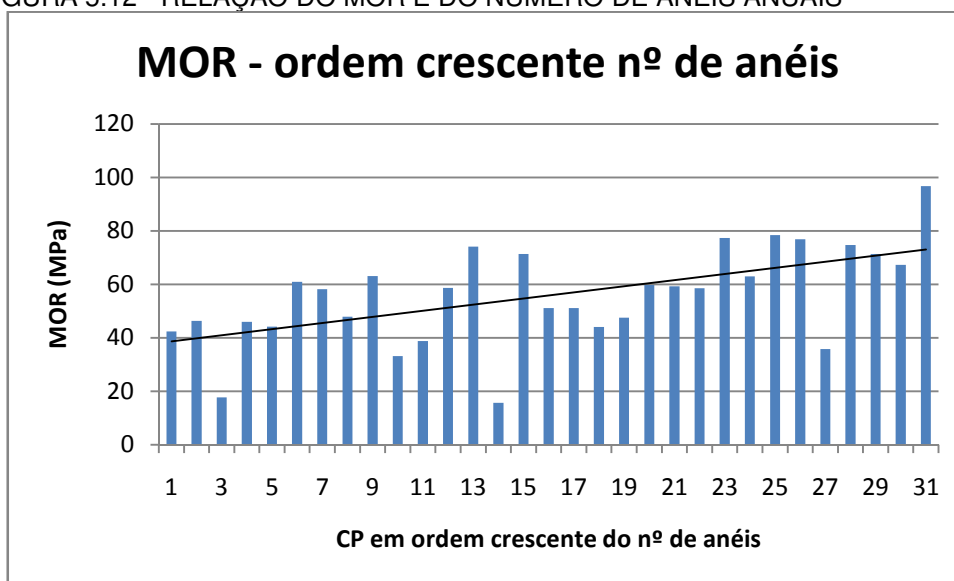
FONTE: O autor (2013)

Analisando o comportamento do MOR para o ensaio de Flexão Estática, os corpos de prova apresentaram MOR mínimo de 15,64MPa e máximo de 96,80MPa. Estes valores estão dentro do intervalo onde se encontra o valor observado por Trianoski (2012) para a mesma espécie aos 17 anos: 64MPa.

Observa-se ainda que os valores máximo e mínimo obtidos estão numa amplitude que inclui o MOR de 73,57MPa inclusive para *Eucalyptus saligna*, em ensaio de Flexão por Haselein et. al (2002).

Colocando os CP em ordem crescente de Número de Anéis, verificou-se a relação linear ascendente com o MOR. Isto pode ser visto na FIGURA 5.15. Ou seja, o MOR aumenta, conforme aumentam número de anéis numa peça de madeira.

FIGURA 5.12 - RELAÇÃO DO MOR E DO NÚMERO DE ANÉIS ANUAIS



FONTE: O autor (2013)

### 5.5.2.3 Propriedades Mecânicas

Para o ensaio de Flexão Estática foram analisados estatisticamente os resultados.

#### 5.5.2.3.1 Avaliação da Rigidez através da determinação do MOE:

Foram realizadas análises mais específicas através da análise da correlação e regressão linear.

#### 5.5.2.3.2 Correlação

Foi calculado o Coeficiente de Correlação de Pearson para as variáveis propostas. Desta maneira apresentam-se os seguintes resultados da TABELA 5.27.

TABELA 5.27 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS

	<i>Nº Anéis</i>	<i>ME</i>	<i>MOE (MPa)</i>
Nº de Anéis	1		
Massa Específica (kg/m³)	0,4855	1	
MOE (MPa)	0,6516	0,8351	1

FONTE: O autor (2013)

Utilizando o critério de Callegari-Jaques (2003), a TABELA 5.29 demonstra que há correlação positiva forte para as variáveis: Número de Anéis e MOE, Massa Específica e MOE.

Há correlação positiva moderada entre Massa Específica e Número de Anéis.

Da mesma forma que no ensaio do MOR e conforme Neto (2002) percebe-se que à medida que a quantidade de anéis aumenta, o MOE aumenta.

#### 5.5.2.3.3 Estimativa da Rigidez através de Regressão Linear

Passou-se a testar as nove diferentes equações de regressão, cujos resultados são apresentados na TABELA 5.28:

TABELA 5.28 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS:

Equação	B0	B1	B2	R <sup>2</sup> ajust	Sxy	Sxy%	F tab	F calc
1	-42267,4135	1106,1653	100,1716	75,71%	3667,46	26,10	9,499E-10	47,74
2	-14,66230	1106,1653	3,770451	67,41%	4192,35	29,84	5,799E-08	32,02
3	73793,6324	-31673,1851	-2,6E+07	71,79%	3951,68	28,13	7,679E-09	39,17
4	-149302,9677	1926,4411	4090,054	75,06%	3715,80	26,45	1,371E-09	46,14
5	-2,48059	0,11474	0,29992	66,96%	2404,96	17,12	7,032E-08	31,39
6	-1,07731	0,26420	0,69060	66,96%	4240,91	30,18	7,032E-08	31,39
7	-6,36776	0,40161	3,77045	67,41%	4087,97	31,00	5,799E-08	32,02
8	-13065,7070	80,39189	0,09613	75,44%	3687,18	26,24	1,104E-09	47,08
9	-4556,8834	77,76541	0,00012	74,90%	3727,72	26,53	1,499E-09	45,76

Segundo os indicadores de ajuste, a Equação 4 foi a que apresentou os melhores resultados, que foram, confirmados pelo gráfico de resíduos (APÊNDICE 3):

$$y = B_0 + B_1 \cdot \ln^2 x_1 + B_2 \cdot \ln^2 x_2 \quad (5)$$

onde:

$y$ : MOE (MPa)

$\ln^2 x_1$ : Logaritmo neperiano ao quadrado do número de anéis anuais do CP

$\ln^2 x_2$ : Logaritmo neperiano ao quadrado da massa específica (Kg/m<sup>3</sup>)

Uma vez ajustada a equação ao conjunto de dados, passou-se à estimativa do MOE, segundo o número de anéis e as médias das outras variáveis quando com aquele determinado número de anéis (Tabelas 5.29a 5.36):

TABELA 5.29 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 3 ANÉIS

3 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
3	415,33	
3	434,19	
3	434,19	
3	422,05	
3	497,44	
MÉDIAS	440,64	4626

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.30 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 4 ANÉIS ANUAIS

4 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
4	458,9024	
4	472,1333	
4	493,3628	
4	539,1831	
MÉDIAS	490,8954	11430

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.31 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 5 ANÉIS ANUAIS

5 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
5	436,5441	
5	487,6602	
5	446,1783	
5	504,4581	
5	551,2237	
5	539,5206	
MÉDIAS	485,2129	12128

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.32 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 6 ANÉIS ANUAIS

6 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
6	410,8340	
6	505,2310	
6	461,7911	

6	475,6465	
6	420,2002	
MÉDIAS	480,8895	12870

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.33 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 7 ANÉIS ANUAIS

7 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
7	458,3471	
7	486,4550	
7	440,9381	
7	513,9898	
MÉDIAS	474,9325	13351

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.34 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 8 ANÉIS ANUAIS

8 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
8	554,0201	
8	465,0873	
8	552,0147	
8	573,3025	
MÉDIAS	523,7074	19354

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.35 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 9 ANÉIS ANUAIS

9 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
9	482,6171	
9	543,8971	
9	504,5347	
MÉDIAS	524,2159	20374

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.36 - ESTIMATIVA DO MOE PARA CORPOS DE PROVA COM 10 A 11 ANÉIS ANUAIS

10 a 11 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOE estimado (MPa)
10	502,9645	
11	643,1251	
MÉDIAS	573,0448	26745

FONTE: O autor (2013)

A TABELA 5.37 expressa o resumo das estimativas da rigidez para flexão segundo o conjunto de dados testados.

TABELA 5.37. – RESUMO DA ESTIMATIVA DO MOE SEGUNDO A MASSA ESPECÍFICA E NÚMERO DE ANÉIS

ESTIMATIVA DA RIGIDEZ		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m <sup>3</sup> )	MOE (MPa)
3	440,64	4626
4	490,90	11430
5	485,21	12128
6	480,89	12870
7	474,93	13351
8	523,71	19354
9	524,22	20374
10 a 11	573,04	26745

Os valores obtidos foram expressivamente maiores que os obtidos por Trianoski (2012) para *Pinus taeda* e outros pinus tropicais, e Haselein et al. (2002) para *Eucalyptus saligna*. Mesmo se tratando de estimativas, pode-se justificá-las pela afirmativa de Haygreen (2003) ao considerar que numa mesma espécie podem resultar diferentes resultados de MOE.

Em ensaio de flexão estática por exemplo em *Eucalyptus saligna*, Castro Silva et al. (2005) chegaram a um valor médio de 12.923 MPa, sendo o valor mínimo de 8.144 MPa, e o máximo de 19.267 MPa. Portanto nestas estimativas o *Pinus taeda*, se comporta muito semelhantemente à *Eucalyptus saligna*.

#### 5.5.2.3.4 Avaliação da Resistência através da determinação do MOR

Foram analisados os resultados segundo a análise de covariância, correlação e regressão linear.

#### 5.5.2.3.5 Correlação

Para interpretar os resultados em termos absolutos foi calculado o Coeficiente de Correlação de Pearson para as variáveis propostas. Desta maneira apresentam-se os resultados da TABELA 5.38:

TABELA 5.38 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS

	<i>Nº de Anéis</i>	<i>M E</i>	<i>MOR</i>
Nº de Anéis	1		
Massa Específica (Kg/m³)	0,4855	1	
MOR (MPa)	0,5972	0,8150	1

FONTE: O autor (2013)

Utilizando o critério de Callegari-Jaques (2003), a TABELA 5.40 mostra que há correlação positiva forte para as variáveis: Número de Anéis e MOR, Massa Específica e MOR e Massa Específica e Número de Anéis, o que poderia determinar a melhoria da resistência, conforme a proposta do estudo.

Da mesma forma que no ensaio do MOE e conforme Neto (2002) percebe-se que à medida que a quantidade de anéis aumenta, o MOR aumenta muito provavelmente aumentando a resistência da madeira.

#### 5.5.2.3.6 Estimativa da Resistência através de Regressão Linear

Para estimar o MOR segundo a variação de anéis anuais, foram testadas 9 equações, cujos resultados são apresentados na TABELA 5.39:

TABELA 5.39 - COMPARATIVO DOS INDICADORES DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES TESTADAS:

Equação	B0	B1	B2	R² ajust	Sxy	Sxy%	F tabelar	F calc
1	-72,7060	2,9336	0,2253	74,94%	8,9445	15,82	2,92761E-09	44,369
2	-11,6571	0,3166	2,4322	59,20%	11,2674	19,93	2,1125E-06	22,040
3	199,3158	-89,9409	-61717,22	77,50%	8,4762	14,99	6,85342E-10	50,940
4	-319,6813	5,1339	9,3658	76,57%	8,6501	15,30	1,18594E-09	48,375
5	-3,7454	0,0881	0,1935	58,04%	11,6535	20,61	3,09017E-06	21,053
6	-2,1838	0,1739	0,5248	52,62%	13,6594	24,45	1,5902E-05	17,104
7	-5,0626	0,3166	2,4322	59,20%	10,938	19,35	2,1125E-06	22,040
8	-4,6471	0,2053	0,0002	71,51%	9,5378	16,87	1,65802E-08	37,393
9	14,9512	0,2052	2,65E-07	69,25%	9,9094	17,53	4,65352E-08	33,648

Segundo a amostragem realizada, a equação que melhor se ajustou à base de dados foi a Equação 3:

$$y = B0 + B1 * 1/x_1 + B2 * 1/x_1 \quad (6)$$

onde:

y: MOR (MPa)

$x_1$ : 1/número de anéis

$x_2$ : 1/massa específica (Kg/m³)

Os valores dos indicadores de ajuste das equações testadas conforme a TABELA 5.39 ficaram muito próximos, aceitáveis tendo como parâmetros as afirmações de Sanquetta (2009), no entanto, foram expressivamente melhores dos que os citados por Viviani et al. (2010) em estudo semelhante.

De forma similar, os gráficos de resíduos das equações testadas ficaram com a configuração dos pontos muito semelhantes. No entanto, a Equação 3 demonstrou uma distribuição um pouco mais homogênea, avaliação esta tendo como base a afirmação de Barros (2002). (APÊNDICE 3).

Considerando os resultados obtidos por Viviani et al. (201), as afirmações de Pfeil (2013) e Rall (2006), os resultados são aceitáveis.

A partir dos resultados do ajuste da equação que estima os valores para Flexão Estática, pôde-se estimar o MOR para diferentes configurações de anéis anuais segundo a área do CP e/ou a dimensão linear da sua superfície. Estes resultados estão demonstrados nas TABELAS 5.40 a 5.47, respectivamente para 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 a 11 anéis de crescimento por CP:

TABELA 5.40 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 3 ANÉIS ANUAIS

3 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
3	415,33	
3	434,19	
3	434,19	
3	422,05	
3	497,44	
MÉDIAS	440,64	29,27

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.41 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 4 ANÉIS ANUAIS

4 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
4	458,9024	
4	472,1333	
4	493,3628	
4	539,1831	
MÉDIAS	490,8954	51,11

FONTE: O autor (2013)



TABELA 5.42 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 5 ANÉIS ANUAIS

5 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
5	436,5441	
5	487,6602	
5	446,1783	
5	504,4581	
5	551,2237	
5	539,5206	54,13
MÉDIAS	485,2129	

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.43 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 6 ANÉIS ANUAIS

6 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
6	410,8340	
6	505,2310	
6	461,7911	
6	475,6465	
6	420,2002	
MÉDIAS	480,8895	55,99

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.44 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 7 ANÉIS ANUAIS

7 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
7	458,3471	
7	486,4550	
7	440,9381	
7	513,9898	
MÉDIAS	474,9325	56,52

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.45 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 8 ANÉIS ANUAIS

8 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
8	554,0201	
8	465,0873	
8	552,0147	
8	573,3025	
MÉDIAS	523,7074	70,23

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.46 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 9 ANÉIS ANUAIS

9 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
9	482,6171	
9	543,8971	
9	504,5347	
MÉDIAS	524,2159	71,59

FONTE: O autor (2013)

TABELA 5.47 - ESTIMATIVA DO MOR PARA CORPOS DE PROVA COM 10 A 11 ANÉIS ANUAIS

10 a 11 ANÉIS		
Nº de Anéis	Massa Específica (Kg/m³)	MOR estimado (MPa)
10	502,9645	
11	643,1251	
MÉDIAS	573,0448	

FONTE: O autor (2013)

A TABELA 5.48 mostra o resumo das estimativas para o ensaio de flexão segundo a variação da massa específica e o número de anéis.

TABELA 5.48 – RESUMO DAS ESTIMATIVAS DO MOR SEGUNDO O NÚMERO DE ANÉIS E A MASSA ESPECÍFICA

ESTIMATIVA DA RESISTENCIA		
Nº de Anéis	Massa Específica (kg/m³)	MOR (MPa)
3	440,64	29,27
4	490,90	51,11
5	485,21	54,13
6	480,89	55,99
7	474,93	56,52
8	523,71	70,23
9	524,22	71,59
10 a 11	573,04	83,44

As estimativas ficaram coerentes com os valores reais obtidos no ensaio. Da mesma forma, ficaram próximos dos valores obtidos por ensaios por Trianoski et al. (2012). Isto demonstra que a amostragem retrata o comportamento próximo do real da madeira de *Pinus taeda* para este ensaio e que a equação ajustada também estima de forma coerente os resultados.

### 5.5.3 Estimativa da Rigidez e Resistência de peças de madeira para Compressão Paralela às Fibras

#### 5.5.3.1 Simulação do MOE segundo o Número de Anéis Anuais

De acordo com o ensaio realizado, a amplitude do número de anéis nos CP foi de 3 a 13 anéis. Esta amplitude ocorreu nos CP's com as dimensões 5,0cm x 5,0cm x 15,0cm. A carga aplicada foi na superfície transversal com dimensão linear de 5cm ou 1 polegada. Calculando o número máximo possível de anéis em função da largura da peça de madeira segundo a NBR7203, obtem-se o número de anéis estimado possível e com a equação ajustada, a respectiva capacidade de carga.

O presente estudo, considerou o manejo da floresta até os 30 anos de idade, portanto, as simulações da resistência e da rigidez da madeira limitaram-se ao correspondente número de anéis.

Considerando os resultados do ensaio, as dimensões das peças serradas segundo a NBR 7203/1982, a equação do MOE ajustada, e os regimes de manejo propostos, tem-se então para as peças de madeira os resultados do MOE demonstrados na TABELA 5.49:

TABELA 5.49 - ESTIMATIVA DO MOE PARA PEÇAS SERRADAS – COMPRESSÃO PARALELA

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOE (MPa) estimado
Viga	4	11	29	60460
Viga	4	15	30	66567
Viga	4	20	30	66567
Viga	5	6	16	17686
Viga	6	12	30	66567
Viga	6	16	30	66567
Viga	6	20	30	66567
Viga	6	25	30	66567
Viga	7,5	15	30	66567
Viga	7,5	11,5	30	66567
Viga	15	15	30	66567
Viga	5	15	30	66567
Viga	5	20	30	66567
Viga	6	30	30	66567
Coluna ou Viga	15	15	30	66567
Coluna	20	30	30	66567

FONTE: O autor (2013)

Nesta simulação o MOE da Compressão Paralela às Fibras do *Pinus taeda*, assume valores muito superiores, por exemplo, ao MOE de *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus punctata* e *Eucalyptus paniculata*, madeiras essas tipicamente estruturais. (NBR7190/1997).

Comparando-se aos resultados médios obtidos por Trianoski (2012), para espécies tropicais de *Pinus sp.* e *Pinus taeda*, os valores do MOE da simulação são muito melhores, que proporcionam aumento da rigidez da madeira.

Ainda, comparando-se os valores estimados com o MOE da NBR 7190/97 onde o valor para *Pinus taeda* é de 13.304 MPa, percebe-se na rigidez da madeira é possível ter ganhos através da densificação dos anéis de crescimento por peça de madeira.

#### 5.5.3.2 Simulação do MOR segundo o Número de Anéis Anuais

A sistemática de cálculos para as estimativas da resistência seguiram a mesma metodologia para a rigidez, tem-se então, para as peças de madeira os resultados do MOR demonstrados na TABELA 5.50:

TABELA 5.50 - ESTIMATIVA DO MOR PARA PEÇAS SERRADAS

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOR (MPa) estimado
Viga	4	11	29	109
Viga	4	15	30	111
Viga	4	20	30	111
Viga	5	6	16	84
Viga	6	12	30	111
Viga	6	16	30	111
Viga	6	20	30	111
Viga	6	25	30	111
Viga	7,5	15	30	111
Viga	7,5	11,5	30	111
Viga	15	15	30	111
Viga	5	15	30	111
Viga	5	20	30	111
Viga	6	30	30	111
Coluna ou Viga	15	15	30	111
Coluna	20	30	30	111

FONTE: O autor (2013)

Da mesma forma que a análise para o MOE, o número de anéis estimado está relacionado com o regime de manejo proposto. Segundo este regime de manejo, a idade máxima foi de 30 anos.

Nesta simulação o MOR da Compressão Paralela às Fibras do *Pinus taeda* L., assume então valores muito superiores àqueles obtidos por Trianoski et. al (2012) em ensaio de Compressão Paralela às Fibras em *Pinus taeda* L. e pinus tropicais.

Percebe-se que é possível proporcionar aumento na rigidez da madeira de *Pinus taeda* pelo aumento do número de anéis anuais por peça de madeira.

#### 5.5.4 Flexão Estática

##### 5.5.4.1 Simulação do MOE segundo o Número de Anéis Anuais

De acordo com o ensaio realizado, a amplitude do número de anéis nos CP foi de 3 a 11 anéis. Essa amplitude ocorreu nos CP's com as dimensões 5,0cm x 5,0cm x 115,0cm.

A força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da madeira foi numa superfície de área transversal com 25cm<sup>2</sup>, ou 5,0cm, ou ainda 1 polegada, considerando a distância linear na superfície transversal. (SCALIANTE; ALMEIDA; MACEDO, 2011); (SCANAVACA JR; GARCIA, 2004).

Considerando os resultados do ensaio, as dimensões das peças serradas segundo a NBR 7203/1982, a equação do MOR ajustada, e os regimes de manejo propostos, teríamos então para as peças de madeira os resultados do MOE conforme a TABELA 5.51:

TABELA 5.51 -MOE ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS SEGUNDO A FLEXÃO ESTATICA

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOE (MPa) estimado
Viga	4	11	29	37332
Viga	4	15	30	37954
Viga	4	20	30	37954
Viga	5	6	16	30208
Viga	6	12	30	37954
Viga	6	16	30	37954
Viga	6	20	30	37954
Viga	6	25	30	37954
Viga	7,5	15	30	37954
Viga	7,5	11,5	30	37954
Viga	15	15	30	37954
Viga	5	15	30	37954
Viga	5	20	30	37954
Viga	6	30	30	37954
Coluna ou Viga	15	15	30	37954
Coluna	20	30	30	37954

FONTE: O autor (2013)

As vigas ou colunas assumem valores expressivos do MOE, tornando-se segundo a simulação de manejo, madeiras apropriadas para uso em estruturas. Comportam-se com valores de MOE acima inclusive a *Eucalyptus saligna*. (HASELEIN et al., 2002). Percebe-se que é possível proporcionar aumento na resistência da madeira de *Pinus taeda* pelo aumento do número de anéis anuais por peça de madeira.

#### 5.5.4.2 Simulação do MOR segundo o Número de Anéis Anuais

A mesma sistemática de simulação para o MOE, foi adotada para a estimativa do MOR.

Considerando os resultados do ensaio, as dimensões das peças serradas segundo a NBR 7203/1982, a equação do MOR ajustada, e os regimes de manejo propostos, teríamos então para as peças de madeira os resultados do MOR, conforme a TABELA 5.52:

TABELA 5.52 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS SEGUNDO A FLEXÃO ESTÁTICA

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOE (MPa) estimado
Viga	4	11	29	88,47
Viga	4	15	30	88,62
Viga	4	20	30	88,62
Viga	5	6	16	85,85
Viga	6	12	30	88,62
Viga	6	16	30	88,62
Viga	6	20	30	88,62
Viga	6	25	30	88,62
Viga	7,5	15	30	88,62
Viga	7,5	11,5	30	88,62
Viga	15	15	30	88,62
Viga	5	15	30	88,62
Viga	5	20	30	88,62
Viga	6	30	30	88,62
Coluna ou Viga	15	15	30	88,62
Coluna	20	30	30	88,62

FONTE:O autor (2013)

Os valores estimados ficaram significativamente acima do valor médio do MOR na literatura: Trianoski (2012) aos 17 anos; Haselein et al. (2002) tanto para pinus e inclusive para eucalipto. Isto indica que à medida que aumenta e são mais bem distribuídos no lenho os anéis anuais, maior é a capacidade estrutural da madeira.

Percebe-se que é possível proporcionar aumento na resistencia da madeira de *Pinus taeda* pelo aumento do número de anéis anuais por peça de madeira.

## 6.2. CONCLUSÕES

Para a estimativa do MOE e do MOR, as equações apresentaram indicadores de ajuste: Teste F, Erro Padrão da Estimativa, Coeficiente de Determinação, Gráfico de Resíduos abaixo dos considerados adequados por Sanquetta (2009), no entanto, foram melhores dos que os citados por Viviani et al. (2010) em estudo semelhante.

- a. As estimativas do MOE para Compressão Paralela às Fibras alcançaram resultados maiores que os citados na literatura para *Pinus sp.* e inclusive para *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus punctata* e *Eucalyptus paniculata*, madeiras essas tipicamente estruturais, o que demonstra a possibilidade da melhoria da rigidez para Compressão Paralela às Fibras pela densificação dos anéis anuais em *Pinus taeda* dependendo da idade da árvore. As estimativas do MOR para Compressão Paralela às Fibras, alcançaram valores superiores àqueles obtidos por Trianoski et al. (2012) em ensaio de Compressão Paralela às Fibras em *Pinus taeda* com 17 anos de idade e pinus tropicais. A relação entre o número de anéis por peça de madeira e a rigidez é positiva e crescente e proporciona aumento da resistência.
- b. O comportamento do MOE para Flexão Estática também proporciona aumento da rigidez nas vigas e colunas à medida que o número de anéis anuais aumenta, podendo se tornar madeiras apropriadas para uso em estruturas. Na simulação comportam-se com valores de MOE inclusive acima de *Eucalyptus saligna*. A simulação do MOR para uso em estruturas indica que o número de anéis anuais proporciona melhoria na capacidade estrutural da madeira, podendo assumir valores acima da literatura citada tanto para a espécie testada, como para *Eucalyptus*, espécie bastante utilizada devido sua capacidade estrutural.
- c. O estudo comprova que o aumento do número de anéis de crescimento por distância linear ou por superfície nos corpos-de-prova para *Pinus taeda*



promove a melhoria das propriedades mecânicas de Compressão Paralela às Fibras e Flexão Estática.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7203**: projeto de estrutura de madeira. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: projeto de estrutura de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto CE-02:126.10**. Revisão: projeto de estruturas de madeira: anexo G: classificação visual de madeira serrada de coníferas. Rio de Janeiro, 2003.

BALLARIN, A.W.; LARA PALMA, H.A. Propriedades da resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.371-380, 2003.

BORTOLETTO JUNIOR, G. **Estudo da qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. provenientes de árvores adultas atingidas por incêndio florestal**. 173 f. Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

BRAND, M. A. **Rendimento do processo produtivo e energético da matéria-prima de uma indústria de base florestal**. 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2000.

CASTELO, P. A. R. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão**. 137 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CASTRO SILVA, J.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, V. W. Influência da Idade e da Posição Radial na Flexão Estática da Madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**. Viçosa. v. 29, n. 5, p.795 – 799, 2005

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia forestalis**, n. 65 p. 102-113, 2004.

FOELKEL, C.E.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6. Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão: 1990. p.719- 728.

FRIZANCO, O. **Estatística: Conceitos e Análise de Dados com o Uso do Excel**. Curitiba: Editora Autores Paranaenses, 2007, p. 225.

GERE, J. M. **Mecânica dos Materiais**, Pioneira Thomson Learning Ltda, São Paulo. 2003.

HASELEIN, C. R., BERGER, R., GOULART, M., STHAL, J., TREVISAN, R., SANTINI, E. J., & DE CARVALHO LOPES, M. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, v. 12, n.2, p. 147-152. 2002.

IWAKIRI, S. **Classificação de madeiras tropicais através do método mecânico não-destrutivo**. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1982.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiedee *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* Barr e Golf**. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. 291 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KOCH, P. Utilization of the Southern pines. Madison: USDA, Forest Service Agricultural. **Handbook**, 1972, 420 p.

KOLLMANN, F. F. P. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. **Band I. Springer Verlag. 1951. 1050p.**

KOLLMANN, F.F.P. **Tecnologia de lamadera y sus aplicaciones**. Madrid. Tomo I. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. 647p. 1959.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ JR. , W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin, Springer, 1968. 2v.

KRAMBECK, L. B. P.; SIMÃO, R. L. **Características da madeira de espécies do gênero *pinus*, potenciais para o uso na indústria madeireira na região sul do Brasil**. Disponível em: <<http://www.solumad.com.br/>> Acesso em: 22 abr. 2015

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Variation in wood density and mechanical properties in Eucalyptus clones. In: **THE FUTURE OF EUCALYPTS FOR WOOD PRODUCTS**, 2000, Launceston. Proceedings. Launceston: IUFRO, 2000. p. 282-291.

LARSON, P. R.; KRETSCHMANN, C. A.; ISEBRANDS, J. G. Formation and properties of juvenile wood in southern Pines. **Forest Service**; 2001. 46 p

MATOS, J. L. M. **Estudo sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus. taeda* L.** 117f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

MELCHIORETTO, D.; ELEOTÉRIO, J.R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas

propriedades físicas e mecânicas. Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica, XVIII, 2003, Blumenau, SC. **Anais...** Blumenau, 2003. Disponível em: <http://200.169.53.89/download/CD%20congressos/2003/CRICTE> Acesso em: 02 fev. 2014.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

PALERMO, G.P.M.; LATORRACA, J.V.F.; SEVERO, E. T. D.; REZENDE, M. A.; ABREU, H. S. Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm através de radiação gama. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n.1, p. 1-6, 2004.

OLIVEIRA, J. T. S. Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba (Xylopiasericeae St. Hil.). IV. Densidade, umidade e secagem da madeira. **Revista Árvore**, v.14, n.2, 139-154, 1990

OLIVEIRA, F. L.; LIMA J. N., GARCIA, J. N., FLORSHEIM, S. M. B. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, p. 59-70, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades físicas e mecânicas da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor florestal brasileiro II**. Jerônimo Monteiro: 2007. P. 129-163.

PARKER, H. **Simplified design of structural timber**. New York, John Wiley, 2<sup>o</sup> Ed., 1963. 265p.

RALL, R. **Influência das Características dos Anéis de Crescimento na Densidade, Resistência e Rigidez da Madeira de *Pinus taeda* L.** 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas. Campus de Botucatu. 2006

ROSADO, S.C.S.; BRUNE, A. Crescimento de árvores: estimativa de correlações entre idades diferentes e sua influência da densidade básica da madeira em *Eucalyptus spp*. **Revista Árvore**, v.7, n.1, p. 11-22, 1983.

SCALIANTE, R. M.; ALMEIDA, D. H.; MACEDO, L. B. Ensaio de fluência e de compressão paralela às fibras para situações da madeira à umidade de equilíbrio e saturada. **Revista Madeira: Arquitetura e Engenharia**. v.12; n.30. 2011

SANTINI, E.J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, v.10, n.1, p.85-93 85, 2000

SHIMOYAMA, V. R. S. **Estimativas de propriedades da madeira de *Pinus taeda* através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão, visando a geração de produtos de alto valor agregado**. 151 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 60f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SOUSA, R. C., GIOVANINI, É. P., FLORSHEIM, S. M. B., GARCIA, J. N. Efeito da idade e da posição radial na densidade básica e dimensões dos traqueídeos da madeira de *Pinus taeda* L. **Revista do Instituto Florestal**. v. 19, n. 2, p. 199 – 127

SKAAR, C. **Water in wood**. New York: Syracuse University Press. 1972. 218 p.

SURDI, P. G., BORTOLETTO JR, G., CASTRO, V. R., MENDES, R. F., ALMEIDA, N. F. D.; TOMAZELLO FILHO, M. (2014). Relationship between density profile and internal bond of *Pinus* spp. OSB panels. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 349 – 357. 2014

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada** 262 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de *Pinus* tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos.** 553 p. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

WALGREN, H.E.; SCHUMAN, D.R. Properties of major southern pines. USDA, **Forest Service Research Paper**, Forest Products Laboratory, Madison, n. 176 p. 1- 57.

XAVIER, J. A.; MATOS, J. L .M.; TRIANOSKI, R. Variabilidade da massa específica básica de *Pinus taeda* L. em diferentes idades de plantio In: I SIMADERJ – SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Anais...** 2008.

ZOBEL, B. J. Inheritance of wood properties in conifers. **Silva e Genetica**, v. 10, p.65-70, 1961.

**6. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO QUALITATIVA DE  
MADEIRA DE *Pinus taeda* L.**

## 6.1 INTRODUÇÃO

Roberto Tuyoshi Hosokawa no III Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal, realizado em 1999, em Viçosa Minas Gerais, foi convidado a explanar o tema: “Evolução Científica e Tecnológica do Manejo de Florestas Equiâneas” (HOSOKAWA, 1999). O Pesquisador levantou uma série de desafios à pesquisa florestal brasileira. Naquele evento, constatou que o setor florestal brasileiro direcionava seu potencial produtivo para a formação de florestas de alta produtividade, o que de fato mais tarde, se concretizou.

No entanto, anteviu que a produção massiva de madeira vinda de reflorestamentos, não atenderia às demandas de madeira de qualidade. Portanto, propôs uma série de linhas de pesquisas, onde as empresas poderiam desenvolver diferentes regimes de manejo florestal, adaptando-os às condições de sítio e às demandas das indústrias de transformação e do mercado consumidor.

As linhas de pesquisa propostas foram baseadas na qualidade no uso da capacidade produtiva do sítio: a) Dimensionamento adequado da velocidade de crescimento das árvores para que apresentem qualidades químicas exigidas pelo consumidor; b) Dimensionamento adequado da velocidade de crescimento das árvores para que apresentem qualidades físico-mecânicas exigidas pelo consumidor; c) Uniformidade e homogeneidade nas características internas da madeira para minimizar os custos em processos industriais.

Estas proposições abarcariam todo o potencial de produção florestal brasileiro, uma vez que partiriam para pesquisas voltadas para os setores específicos, como: celulose e papel: produção de madeira mais densa e com menos lignina; chapas e painéis: produção de madeira com mais lignina; carvão vegetal: produção de madeira com mais carbono; móveis e construção civil: produção de madeira com mais homogeneidade nos anéis anuais.

Ainda, estas proposições consideram o manejo florestal a partir produtividade volumétrica por espécie, sítio e idade; o período de produção florestal; o retorno de investimentos e as rendas intermediárias por desbastes a partir da análise da qualidade no uso da capacidade produtiva do sítio, e não simplesmente da máxima produção biológica que o sítio pode proporcionar.

Já, naquele momento, Hosokawa (1999) havia constatado o que Kronka (2005) descreveu depois: os ciclos de produção de florestas de pinus no Brasil

tendem a seguir uma única sistemática de intervenções aos 7, 14 e 20 anos, que visam atender o fluxo de caixa das empresas. Como consequência a madeira apresenta variabilidade em suas propriedades físico-mecânicas, que afetam a resistência e rigidez, que são de fundamental importância, pois expressam características para fins tecnológicos e industriais determinando o uso mais adequado para a espécie. (JAYNE; BODIG, 1982); (MULLER et al., 2014).

Hosokawa (1999) já alertava que a não utilização de ferramentas de manejo iria possivelmente causar o aumento de custos na industrialização da madeira.

O setor de celulose e papel não sendo atendido na questão da densidade da madeira precisaria de mais matéria-prima para a produção. Por sua vez o setor de chapas e painéis, de mais insumos para manter estabilidade dimensional dos seus produtos, o setor de siderurgia, de mais carvão para produzir a mesma quantidade de ferro e aço, e por fim, o setor de móveis e construção civil, superdimensionar as peças para confecção dos móveis ou buscar em florestas nativas, madeira com propriedades mecânicas apropriadas para os esforços solicitados.

Muito dos custos de produção hoje absorvidos pelas indústrias poderiam ser minimizados se houvesse um estímulo ao silvicultor em associar a produção florestal às demandas da indústria. Por outro lado também o consumidor seria beneficiado, uma vez que com os custos reduzidos, poderiam ser ofertados produtos com melhor acabamento, peças com dimensões menores, sempre vindos de madeira de reflorestamentos com sustentabilidade econômica, da produção e ambiental.

Há um nicho de mercado a ser ocupado na área de produção de madeira em toras: a produção de povoamentos de pinus com regimes de manejo que visem madeira de maior qualidade através do dimensionamento da velocidade de crescimento radial. O dimensionamento do crescimento em diâmetro das árvores, melhora as características físicas e mecânicas da madeira. Madeiras com maior homogeneidade servem para uma ampla gama de usos, levam à redução dos custos de transformação e a altos rendimentos nos processos industriais. (HOSOKAWA, 1999).



## 6.2 OBJETIVOS

São propostos os objetivos para o desenvolvimento da presente pesquisa.

### 6.2.1 Objetivo Geral

Analisar as inovações que a presente pesquisa pode proporcionar ao planejamento das empresas florestais, segundo proposto por Hosokawa (1999).

### 6.2.2 Objetivos Específicos

- a. Analisar a proposição do manejo florestal voltado aos objetivos da produção;
- b. Analisar uma metodologia do dimensionamento adequado da velocidade de crescimento das árvores;
- c. Analisar a possibilidade da redução dos custos em processos industriais pela melhoria das propriedades mecânicas da madeira – homogeneidade dos anéis anuais;
- d. Analisar a possibilidade da aceitação por parte do consumidor de madeira reflorestada para fins estruturais, acabamento em construção civil e móveis;
- e. Simular, a partir deste estudo, o manejo florestal de acordo com determinada necessidade de madeira estrutural;

### 6.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A base teórica para o presente estudo é apresentado nos itens a seguir.

#### 6.3.1 Inovação Tecnológica

A sociedade têm se conscientizado que a geração de conhecimento leva a vantagens competitivas expressivas quando se avalia a questão econômica da produção. O uso de novas tecnologias transforma conhecimento em valor, que gera impacto positivo nas economias locais e regionais (SANTOS, 2010).

Sambiasse, Franklin e Teixeira (2013) defendem que a inovação tecnológica contribui para o desenvolvimento das empresas e do ambiente sócio-econômico dos países. Através da inovação tecnológica são criadas novas oportunidades de negócios gerando competição entre as empresas e entre os países.

Schumpeter (1988), economista, defende a idéia de que a inovação transforma o conhecimento em novos produtos para o mercado e para a sociedade, resultando em maior rentabilidade para a empresa e eficiência nos processos. Define a inovação como sendo a introdução de um novo produto significativamente diferente no mercado.

O autor ainda defende a teoria da desconstrução criadora, ou seja, a desconstrução do conhecimento, de processos, de metodologias, para a construção do novo. O novo significa a criação de novos produtos, seja pela mudança de matérias-primas, pela mudança na forma da produção, seja pela melhoria da qualidade de um produto já existente. A FIGURA 6.1 mostra os cinco tipos de inovações propostas por Schumpeter (1988).

FIGURA 6.1: OS CINCO TIPOS DE INOVAÇÃO SCHUMPETERIANAS



FONTE: ADAPTADO DE SARKAR (2010)

A habilidade de inovar é estabelecer relações, detectar oportunidades e criar novos processos e novos produtos. O conhecimento pode ser usado de forma criativa, analisando situações já estabelecidas e/ou propondo novas situações e novas soluções. Desta forma, a inovação não significa apenas criar novos produtos e mercados, mas também novas formas de atender as demandas identificadas no consumidor. (TIDD; BESSANT 2015).

Segundo Dosi (2006), existe uma forte relação entre a inovação e a descoberta, desenvolvimento, experimentação, adoção de novos produtos, novos processo produtivos e novos arranjos operacionais. Desenvolvendo novas tecnologias, as empresas podem acessar novos mercados e aumentam suas receitas.

Na inovação em produtos, é necessário que haja ou significativo melhoramento dos produtos existentes, criando novas potencialidades de uso, ou a criação de algo que ainda não existe. (MATTOS et al., 2008).

Na inovação em processos, ocorre a mudança no como se faz, a partir de novas idéias ou conceitos revistos, provocando mudanças significativas nos métodos de produção, aprimorando ou desenvolvendo novas técnicas. (MATTOS et al., 2008).

A inovação sempre terá o aspecto técnico-econômico, uma vez que as mudanças de paradigmas técnicos, implicam em alterações de estrutura de custos

de produção, tempo de retorno do capital, condições de produção, distribuição e comercialização. A inovação permite também a diversificação da produção, o que favorece certa estabilidade econômico-financeira para empresa pela maior diversidade de produtos colocados no mercado.(GOMES, 2009).

De acordo com Lopes e Barbosa (2006) a inovação implica numa incerteza, uma vez que o novo implica em riscos. Apesar dos riscos e da incerteza, a inovação quando bem planejada e executada, produz relevantes resultados econômicos para a empresa. Estudos indicam que as empresas que são imbuídas da cultura da inovação, melhoram seus processos, diferenciam seus produtos e têm melhor desempenho econômico-financeiro.

Além destes aspectos da inovação: riscos, incertezas e disputas de mercado, as indústrias são colocadas sob pressão externa pelo cumprimento da legislação, pressões advindas das ONGs, da sociedade e também pressões internas, na busca pela redução de custos. Isto força a criação de uma cultura de melhoria contínua pela revisão crítica constante dos processos produtivos, desde o fornecedor de matérias-primas, até o produto acabado, procurando implementar tecnologias que minimizem os custos e atendam as demandas de mercado. (SENGE; CARSTEDT; PORTER, 2001).

O meio ambiente e as características sócio-econômicas da população estão em constantes mudanças. Estas alternâncias das condições ambientais e das demandas sociais criam oportunidades e restrições. Em quaisquer situações as empresas precisam estar preparadas para se manter no mercado pelo lançamento de novos produtos (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). O sucesso de uma empresa diante deste quadro de competitividade acontece pelo conhecimento de técnicas produtivas e pelo domínio da relação matéria-prima – produto final. (SAMBIASE; FRANKLIN; TEIXEIRA, 2013).

Na área florestal, ocorreram muitas inovações nos últimos anos. A evolução nas operações de colheita foi expressiva com a importação de máquinas e tecnologias. A silvicultura de precisão tem se tornado uma realidade nas empresas florestais. (VETTORAZZI, FERRAZ, 2000); (OLIVEIRA; CARDOSO; FRANCICON, 2015). Na área de inventário e planejamento florestal, os computadores e programas têm sido as principais ferramentas de inovação. Programas já bastante popularizados como os da família Sis, e outras opções mais restritos às empresas, mas não menos disponíveis, como a programação linear, permitem no momento da

colheita, a diversificação de produtos conforme as demandas dos clientes. (OLIVEIRA, 2014).

No entanto, na área de manejo florestal, a madeira continua sendo produzida sem uma visão voltada à demanda da indústria. (HOSOKAWA, 1999). O que se percebe é a transformação de matéria-prima de baixa qualidade em produto acabado, onerando os processos industriais.

Kronka (2005), confirma esta realidade ao afirmar que os regimes de manejo de florestas de pinus no Brasil visam atender somente o fluxo de caixa das empresas. Percebe-se que não há uma disposição no sentido de estabelecer relações, detectar oportunidades e criar novos regimes de manejo que se traduziriam em produtos de maior qualidade para o mercado.

Os fundamentos científicos da produção gerados nas escolas de engenharia florestal como: Lei Eich Horn, Lei de Moeller, de Assmann, de Sloboda, do Auto Desbaste de Yoda, as Leis do Crescimento Biológico e outras, como as Leis da Física e a Lei dos Rendimentos Decrescentes, associados a índices de densidade, de mortalidade, estudos de incrementos, oferecem subsídio suficiente para a criação de diferentes regimes de manejo voltados à possível redução dos custos de industrialização da madeira. (HOSOKAWA, 2013).

Estudos segmentados contribuem para o desenvolvimento da ciência florestal, mas poderiam, também estar mais associados às necessidades da cadeia produtiva.

Com relação à qualidade da madeira na produção de celulose, Mokfienski, et al. (2008) chegaram à conclusão que a densidade básica da madeira mostrou melhor correlação com as dimensões da fibra e qualidade da polpa. Fonseca, Oliveira e Silveira (1996) confirmam que a densidade da madeira tem forte influência na qualidade da polpa, que por sua vez associado ao rendimento, são os principais fatores na determinação dos custos de produção de celulose.

Por outro lado, considerando a quantidade de lignina Pereira et al., (1994) sugerem que, quanto mais alta a relação de siringila/guaiacila na lignina, mais baixa a quantidade de reagente consumida no processo de polpação. Portanto, o caminho de melhoramento qualitativo de madeira para produção de celulose é o aumento da densidade básica e a redução de lignina.

Na área da siderurgia, Santos (2010) ao estudar os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal afirma que a densidade básica da madeira é

considerada um parâmetro referencial para a seleção de espécies florestais indicadas para produção de energia. Segundo ele, a densidade básica é referenciada, por muitos autores, como índice de qualidade da madeira, pois ela influencia outras propriedades da madeira e dos produtos que são gerados. Neste caminho então, no melhoramento da qualidade da madeira para carvoaria, a densidade básica deve ser considerada.

Segundo Joseleu et al. (2004) os altos teores de lignina podem contribuir para melhorar a adesão entre as partículas dos painéis, consequentemente resultando em uma melhor colagem. Ele ainda completa afirmando que durante a prensagem, a lignina atua como um aglomerante de partículas ligno-celulósicas, o que melhora a adesão e a ligação interna dos painéis. Na área então da confecção de painéis, o caminho da melhoria da qualidade da madeira é a produção a campo de madeira com mais lignina.

Todos os exemplos citados, demonstram que a melhoria das características químicas da madeira, proporcionam melhoria nos processos e redução de custos de industrialização da madeira.

O conhecimento gerado até o momento presente nas áreas da engenharia florestal é suficiente para dar subsídio para inovações no manejo de florestas plantadas. (HOSOKAWA, 2013).

#### 6.3.2 Proposição do Manejo para a Produção - Uniformização e Homogeneização dos Anéis Anuais

O setor de base florestal tem utilizado mais matérias-primas vindas de reflorestamento (IBGE, 2010). Apesar desta utilização mais expressiva de madeira de reflorestamento do que de florestas nativas, ainda existem lacunas a serem preenchidas no mercado madeireiro, em especial o de melhoramento dos processos tecnológicos de produção florestal a campo.

A produção de madeira com qualidade é um desafio, pois este material é um sistema biológico com grande complexidade e suas características físico-mecânicas variam fortemente entre árvores da mesma espécie e entre diferentes regimes de manejo. (ALZATE, 2004; CHIES, 2005; NISGOSKI, 2005; WASHUSEN et al., 2005).

Apesar desta complexidade, algumas das dificuldades podem ser contornadas pelo manejo, onde o silvicultor, através dos sinais visíveis, avalia a

vitalidade das árvores, ou seja, sua capacidade de crescimento. Num primeiro aspecto, deve ser analisado o potencial produtivo do sítio, depois, a questão da densidade inicial no plantio e ainda o turno e peso dos desbastes. As árvores têm um espaço tridimensional (vital) para o crescimento, que precisa ser monitorado constantemente para que apropriem todo o potencial que o sítio oferece, não ocasionando a sua superutilização nem a sua subutilização. (HOSOKAWA, 2013).

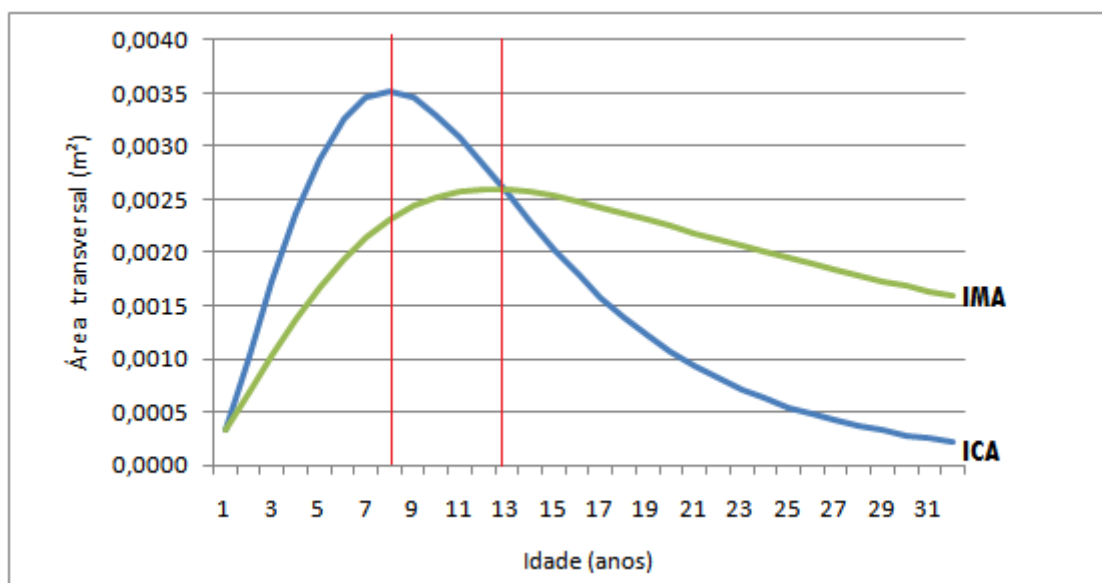
A densidade do plantio e os desbastes determinam o espaço vital da árvore, que é uma variável que pode ser controlada com eficiência pelo silvicultor. O espaço vital está diretamente relacionado com o crescimento. (SCHNEIDER, 2008).

Ainda, o controle sobre o espaço vital ou manipulação da densidade de árvores por unidade de área é uma estratégia de que dispõe o silvicultor para influenciar na relação diâmetro/altura, arquitetura da copa, diâmetro dos galhos e nós, aspectos estes diretamente relacionados com a qualidade da madeira, além de propiciar uma velocidade de crescimento contínuo e constante, antes que o povoamento inicie o processo de redução da aceleração do crescimento diamétrico pela competição excessiva pelos fatores de produção florestal. (FARNDEN, 1996).

Para atingir o controle sobre o espaço vital é necessário que haja o manejo intensivo sobre o povoamento. De acordo com Fox (2000), o manejo intensivo implica na manipulação das condições de solo e densidade que restringem o crescimento da árvore. O controle sobre a velocidade do crescimento pode ser obtido por meio de desbastes precoces, cíclicos e leves, característicos deste tipo de manejo, e podas mais ou menos intensas. (FERRAZ FILHO, 2013).

Para povoamentos manejados visando à máxima produtividade volumétrica o critério de decisão do desbaste é o máximo INCREMENTO MÉDIO ANUAL - IMA. Quando o IMA atinge seu valor máximo, significa que a produção é máxima. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008). Nos povoamentos que visam à qualidade da madeira, é necessário o constante monitoramento das variáveis dendrométricas, especialmente a área transversal, de forma que a intervenção ocorra a partir do máximo INCREMENTO CORRENTE ANUAL - ICA até o máximo IMA. A Figura 6.2 expressa a posição das curvas de ICA e IMA e a janela de tempo para a realização do desbaste para tornar a distribuição dos anéis anuais homogênea. (HOSOKAWA, MOURA; CUNHA, 2008).

FIGURA 6.2: CURVAS DE ICA E IMA – JANELA DE TEMPO MÁXIMO PARA O DESBASTE



FONTE: O autor (2015)

A FIGURA 6.2 expressa que no estudo de crescimento e produção o desbaste deveria ser realizado a partir do 7ºano até o 13º ano.

À medida que os incrementos correntes avançam, o desbaste deve ser programado antes que o IMA atinja seu valor máximo. Este controle sobre o manejo – manejo intensivo – se traduz em coníferas, no controle sobre o crescimento radial dos troncos, gerando madeira com uniformidade e homogeneidade nos anéis anuais. (FERRAZ FILHO, 2013).

O desbaste precoce, sistemático e seletivo pode proporcionar um ritmo relativamente rápido de crescimento, mas constante, permitindo a formação de madeira mais uniforme, sem as variações ao longo de seu desenvolvimento. Portanto, a homogeneização e uniformização dos anéis anuais demandam do controle e monitoramento dos incrementos correntes e rápidas e freqüentes intervenções. Os povoamentos que resultem em madeira com características qualitativas incrementadas devem sofrer vários desbastes de baixo peso. (GONÇALVES et al., 2009).

Este controle sobre o crescimento associado a um programa de podas promove o alinhamento da grã ao longo da peça proporcionando o entrelaçamento das fibras (compressão) e o estiramento das mesmas (tração). (VORREITER, 1958).

Para Von Zuben (2010) a presença de certas estruturas ou componentes anatômicos são de grande importância na qualidade da madeira. Estas estruturas



são: anéis de crescimento bem distribuídos, de textura fina a mediana, e em particular com grã direita, fibras longas e de boas proporções de parênquima. (COZZO, 1956).

### 6.3.3 Custos de Produção e Economia de Escala

Angelo (2002) considera que há três aspectos para avaliar o grau de competitividade de uma empresa: desempenho, macro e eficiência. O desempenho considera a competitividade da empresa no mercado. O conceito macro avalia a empresa diante das decisões da política econômica do país. O conceito eficiência leva em conta a capacidade de a empresa produzir determinados bens com eficiência e qualidade iguais ou superiores aos seus competidores.

Para alcançar eficiência e qualidade e, garantir a sua manutenção no mercado, é imprescindível que as empresas tenham um sistema de gestão que consiga mensurar os custos dos seus produtos da forma mais precisa possível. Na composição destes custos entre outros, tem-se o custo da matéria-prima. (WERNKE, 2005)

Segundo Almeida (2006), o Brasil consegue produzir a madeira mais barata do mundo devido as suas vantagens naturais e intensivos esforços das empresas. No entanto produtividade e qualidade são paradoxais. No caso do gênero *Pinus*, quando se proporciona o máximo ganho em produtividade em volume, provavelmente podem haver perdas na qualidade da madeira, e vice-versa. (HOSOKAWA, 1999).

As florestas plantadas no Brasil alcançam produtividade três vezes superior às plantadas nos Estados Unidos. Mas, considerando o alto investimento e o longo período para o retorno do capital, as empresas têm comportamento conservador na questão do planejamento dos regimes de manejo, procurando quase sempre a máxima produção de madeira em detrimento da qualidade. (ALMEIDA, 2006). Isto também foi verificado por Mancini (2011) que identificou que as empresas optam por regimes silviculturais sem desbaste e sem poda, além da redução do ciclo para 15 anos, pela maximização da produção volumétrica e pela análise do investimento.

Corroborando à cultura de produção de madeira a baixo custo, com qualidade bem abaixo dos padrões mundiais, no seu processamento, predominam serrarias com tecnologias obsoletas, pouco especializadas, descapitalizadas e sem

escala. Manhiça, Rocha e Junior (2013) propõem que face à demanda por madeira serrada de reflorestamento, seja necessário o desenvolvimento de novas tecnologias que visem o melhor aproveitamento da matéria-prima. Os mesmos autores expressam que é necessário que os empresários adotem novos procedimentos técnicos no processamento da madeira – desdobro e secagem – que visem reduzir os custos de produção e incrementar valor ao produto final de forma a manter e ampliar a competitividade no mercado.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, os custos com matéria-prima e mão-de-obra responderam por, respectivamente, 56% e 34% dos custos totais da produção de madeira serrada (IBGE, 2011). Portanto, o Brasil produz madeira processada de baixa qualidade a um custo local alto.

Outro aspecto que influencia nos custos de produção e na qualidade da madeira está relacionado com a distribuição dos anéis anuais e a estabilidade dimensional. O controle sobre a estabilidade dimensional das peças serradas é um importante fator que pode provocar maiores ou menores perdas em processos industriais. Galvão e Jankowsky (1985), e Oliveira, Tomazello Filho e Fiedler (2010) relatam que a retração entre os sentidos radial e tangencial durante o processo de secagem causa defeitos da madeira. A anisotropia em peças sem homogeneidade nos anéis de crescimento é mais pronunciada e leva à ocorrência de defeitos durante a fase de secagem ou de estabilização, como rachaduras, torções, empenamentos e abaulamentos aumentando os custos.

Martins (1988), considera que a madeira pode apresentar empenos e rachaduras, que são causados por diferenças de contração da madeira ao secar (tanto por anisotropia quanto por gradientes de umidade desenvolvidos na madeira durante o processo de secagem), por tensão hidrostática (que se desenvolve nas paredes das células podendo causar o colapso) e por tensões de crescimento.

As peças de madeira serrada com anisotropia baixa são consideradas de alta qualidade considerando a estabilidade dimensional. Se as peças apresentam anisotropia alta, seu uso fica condicionado a processos menos nobres (KOLLMANN; CÔTÉ JUNIOR, 1968).

Trianoski (2012), em estudo sobre a avaliação da estabilidade dimensional de peças de madeira serrada de pinus tropicais em povoamentos com 17 e 18 anos sob regime utilitywood, chegou à conclusão que as espécies nas condições do estudo apresentaram instabilidade dimensional média, indicando madeira de média

a baixa qualidade. Portanto, os povoamentos sob o regime de manejo utilitywood de forma geral, não têm características que promovam a produção de madeira de qualidade. Mesmo o regime clearwood, que adota um programa de podas, proporciona sim, madeira livre de nós, mas quase sempre sob o conceito de máxima produção volumétrica. (HOSOKAWA, 1999).

Na produção de laminados e compensados, a questão da qualidade da madeira também influencia diretamente nos custos de produção e é crucial para o desempenho dos painéis. (ROSS et al., 1999). Segundo Wang et al. (2001), os fatores que influenciam na qualidade das lâminas são: o processo de produção da lâmina, e a variabilidade natural da madeira, como presença de nós, rachaduras, variação de massa específica, ângulo da grã, espécie e espessura dos anéis de crescimento. Lâminas obtidas a partir de porções do lenho onde há forte variação na configuração dos anéis de crescimento podem apresentar contrações e inchamentos elevados, comportamentos que podem ser repassados para os painéis. Estes comportamentos inadequados são compensados com o aumento de insumos ou prolongamento do processo industrial encarecendo o produto final. (ALMEIDA; BORTOLETTO JÚNIOR; JANKOWSKY, 2004).

Nesta questão da qualidade, as empresas do segmento de molduras se adaptaram às exigências de seus compradores internacionais. Mas a adaptação se deu a partir de processos de alto custo pela aquisição de máquinas e insumos, como finger-joint e colagem de peças, o que encarece o produto final pela agregação de mais etapas no processo produtivo, maior quantidade de mão-de-obra necessária, maior tempo de manipulação da madeira e pelo descarte dos segmentos de madeira com nós e outros defeitos. (HOSOKAWA, 2013).

As exportações de madeira serrada poderiam aumentar se houvesse uma melhoria na eficiência na gestão: floresta – indústria – mercado, aumentando os níveis de produtividade, promovendo ganhos de escala de produção e diversificando produtos e mercados, ou seja, a formação de cadeias produtivas. Esta é a conclusão a que chegaram Petrauski et al. (2012) através de informações levantadas junto à ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI em estudo realizado. (ABIMCI, 2008).

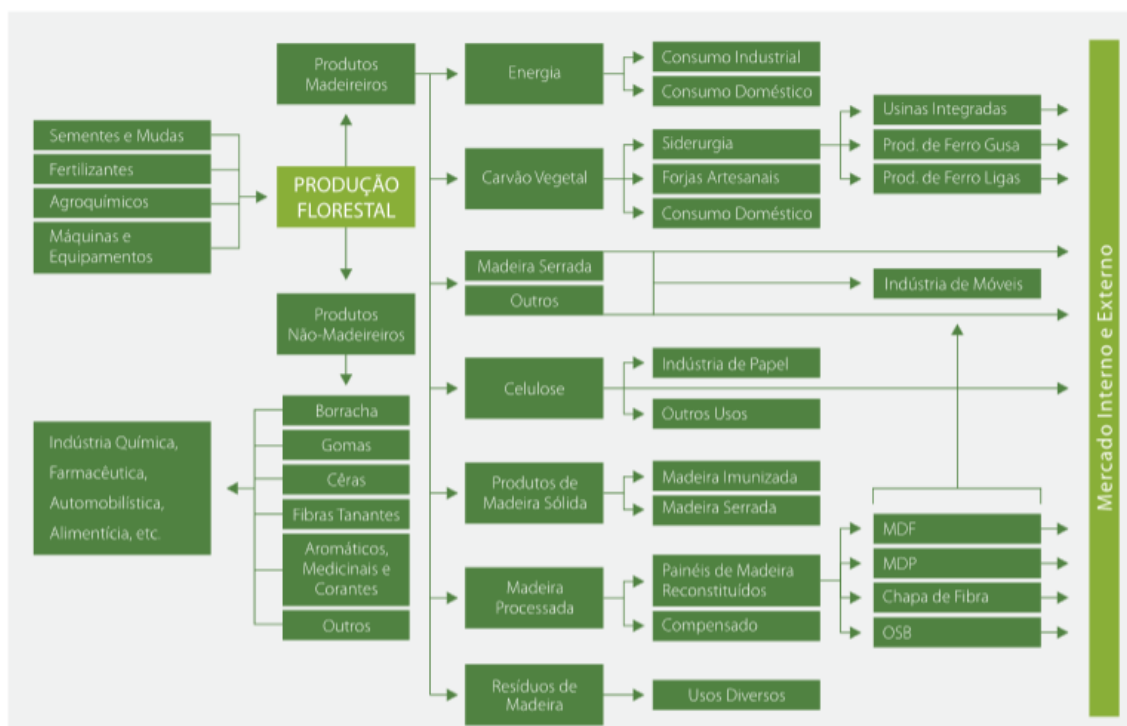
Segundo Dantas, Kertsnetzky e Prochnick (2002), cadeia produtiva é um conjunto de etapas dentro de um processo produtivo, onde matérias-primas são transformadas, pela adição de insumos, até a formação do produto final que será

entregue ao consumidor. Há duas formas de cadeias produtivas: a) setoriais, e b) empresariais. Na cadeia produtiva setorial ocorre o processo produtivo dentro de setores da economia. Na cadeia produtiva empresarial o produto vai sendo formado ou transformado através de processos dentro das empresas participantes da cadeia. É o caso do setor madeireiro de madeiras serradas.

Uma abordagem possível do produto dentro das cadeias produtivas é o enfoque sistêmico. Segundo Staatz (1997), o enfoque sistêmico é baseado em cinco conceitos: a) Verticalidade: significa que as condições produtivas de um estágio são fortemente comprometidas por outro estágio do processo; b) Orientação para a demanda: a demanda é o vertedouro das informações que vão alimentar os fluxos da cadeia de produtos; c) Coordenação: é necessário que o processo todo sofra de um comando; d) Competição interna: desde que salutar, é importante que dentro dos processos haja um determinado nível de competição; e) Alavancagem: o enfoque sistêmico do produto propõe a identificação de pontos fracos e pontos fortes no processo e promove ações que podem melhorar a eficiência da cadeia.

O fluxo da cadeia produtiva florestal parte da produção de insumos para a produção florestal. A partir deste ponto, todo o fluxo desemboca nos Mercados Interno e Externo – Consumidor como é demonstrado na FIGURA 6.3.

FIGURA 6.3: FLUXO DA CADEIA PRODUTIVA FLORESTAL



FONTE: STCP (2012)

Segundo o fluxo da cadeia produtiva da FIGURA 6.3, todo o processo produtivo é direcionado para os Mercados Interno e Externo, ou seja o consumidor final. O produtor/vendedor então, deve ter o foco no cliente – atender as suas expectativas. O consumidor é quem escolhe o que e de quem vai consumir.

A redução de custos de produção, além de contar com melhorias no manejo das florestas e adequação da madeira produzido às demandas da indústria, pode também ser abordada pela produção em escala de reflorestamentos, segundo uma visão macrorregional, com áreas de implantação anual planejadas, desbastes e corte raso anuais compatíveis com as demandas. É uma forma de criar condições para a formação de cadeias produtivas que proporcionam a redução dos custos de produção de florestas de manejo intensivo. Com o planejamento macrorregional, pode ocorrer certa estabilidade na oferta e demanda de madeira, baixo turnover de mão-de-obra, portanto possibilidade de investimento em treinamento e formação de mão-de-obra especializada para produção de madeira de maior qualidade. (HOSOKAWA, 2013).

A concentração de parques industriais e de reflorestamentos é um dos determinantes estruturais da eficiência na competição. Permite a adoção de estratégias conjuntas, economia de escala e, tamanho e crescimento do mercado.

Desta forma tanto a floresta, como a indústria e o mercado desenvolvem seus projetos em sinergia, diminuindo os custos de produção e são fortalecidos mutuamente. (NOCE et al., 2005).

As cadeias produtivas levam à concentração de indústrias, florestas e consumidores numa região, que pode ser impulsionada por estratégias como os *Clusters*. Os *Clusters* podem apresentar vantagens competitivas como ganhos de produtividade e de qualidade pela economia de escala que apresentam. O modelo de clusters estimula os empresários a se envolverem nos processos que vão além de suas próprias empresas, como: as quantidades e qualidade das matérias-primas, custos de produção, remuneração justa pelo capital, estratégias de colocação dos produtos acabados no mercado e logística. (RESENDE; PAIXÃO; DINIZ, 2012).

Lopes e Barbosa (2006) destacam que se as empresas estão organizadas em *Clusters*, são mais capacitadas a inovar, à medida que esses agrupamentos de empresas oferecem oportunidades junto aos fornecedores e compradores de tornar mais rapidamente visível as inovações, criando novos negócios.

Ainda, de acordo com os mesmos autores, os clusters podem gerar redes de relacionamentos entre as empresas que buscam inovação de forma a criar vantagens competitivas no contexto regional e nacional. Este conjunto de ações organizadas que estabelecem novos padrões para matérias-primas ou para produtos acabados, são chamadas “*cross-border*”. Uma vez estabelecido o padrão, há certa estabilidade na demanda, o que assegura a produção continuada.

Outra possibilidade são os Arranjos Produtivos Locais – APL’s, que são regiões produtivas menores, portanto, facilitam o fluxo de informação, insumos, tecnologia entre as partes, favorecendo o processo e aumentando a competitividade, como observaram Lastres, Cassiolato e Arroio (1999) e Lemos (2003).

Segundo pesquisa a nível mundial, publicado por Coelho Jr., Resende e Oliveira (2013) à medida que a economia de escala se eleva, a concentração de mercado aumenta, devido a ganhos pelo progresso tecnológico. Ou seja, a economia de escala acontece porque os *clusters* promovem o fortalecimento das estruturas empresariais e as estruturas empresariais concentradas e fortalecidas promovem a economia de escala. Como a madeira de qualidade superior demanda de um manejo intensivo, à medida que são feitos os desbastes, é necessário que hajam indústrias que absorvam esta madeira e o processo de manejo não seja

impactado pela dificuldade de venda. Por outro lado, as indústrias passam a ter a garantia da entrega de matéria-prima na quantidade e na qualidade solicitada.

#### 6.3.4 O Consumidor

Toda pessoa que tem acesso a um rol de possibilidades de escolha de qualquer bem ou serviço é denominado consumidor; qualquer pessoa que sofra o impacto pelo produto, ou seja, que participe de certa forma do processo de concepção, produção e consumo de um produto, e que, tenha suas necessidades satisfeitas por ele. (SEBRAE, 2013).

As empresas têm como foco principal o ganho financeiro pela comercialização de bens ou serviços que colocam à disposição da sociedade. No entanto, ao final de uma cadeia produtiva, o ator que vai determinar o sucesso da empresa ou o seu fracasso é o consumidor. Os clientes fazem parte do sucesso de um negócio, pois uma empresa é aquela que conta com um público alvo que pretende fidelizar. (SENATORE, 2013)

O consumidor é um agente econômico que busca satisfazer suas necessidades. O empresário é o agente que procura atender as demandas. O consumidor opta então, pelo produto que irá proporcionar a maior satisfação possível, dentro dos limites que a sua renda lhe impõe. São estes dois atores: comprador e vendedor que criam a dinâmica de mercado a partir das leis da oferta e da demanda, criando situações de competitividade entre os vendedores. (DUBIEL, 2015)

O ato de comprar vai além da aquisição e venda. É um processo que envolve disposição de produzir e vender, disposição de comprar, definição das quantidades de produção e venda, disposição das quantidades a comprar e nível de satisfação do cliente. O produtor/vendedor então, deve ter o foco no cliente – atender as suas expectativas porque o consumidor é quem escolhe a empresa de quem vai consumir. De certa forma, o cliente é o dono do negócio: é ele quem decide, desiste ou potencializa a relação entre ambos no momento que lhe convier. (DUBIEL, 2015)

Apesar da ampla gama de possibilidades de consumo - o mundo vive um contexto hipermoderno e consumista - surge também um desejo coletivo de

transformação, melhorias, sustentabilidade e equilíbrio desta sociedade, de forma a almejar o consumo consciente (EFING; SOUZA, 2014).

Bauman (2008) afirmou que o consumidor consciente se identifica com os seus objetos de consumo a ponto de se preocupar com os processos que envolveram a sua produção, transporte, comercialização e descarte final.

A sociedade vive um momento singular: o despertar para as questões que envolvem a manutenção da vida no planeta Terra. Não são mais aceitos comportamentos, processos ou quaisquer formas de produção de bens e serviços que não estejam associados a conceitos de sustentabilidade. Esta mudança no consumidor reflete o momento cultural da sociedade que busca a efetivação do desenvolvimento sustentável. (SILVA, 2011).

O consumidor está, então, atento às questões ambientais, sociais e econômicas, além do desejo de satisfazer suas necessidades com produtos de qualidade. Atenção que o leva a buscar informações sobre os processos produtivos dos bens e serviços que consome a ponto de se dispor a pagar mais, desde que sejam produzidos dentro dos aspectos legais e morais que trazem satisfação moral e ética para ele. Estes produtos são chamados eco eficientes ou ecológicos ou ainda sustentáveis, pois trazem os menores danos à natureza na sua produção, têm em geral em si o conceito de produção limpa e o seu consumo pode auxiliar na redução de impactos ambientais e na melhoria da qualidade de vida das pessoas. (SABATUCCI, 2012).

Os produtos sustentáveis ao serem colocados no mercado demandam de um lançamento, e seu valor está relacionado com a compreensão das organizações têm em relação ao comportamento do consumidor. A compreensão do valor de venda de um produto é de extrema importância na gestão do negócio. No entanto, nem sempre o valor de venda reflete exatamente os custos das matérias-primas, mais mão-de-obra, mais impostos: podem haver outros componentes subjetivos, por exemplo, a disposição do consumidor a pagar. (ZANONI, 2012).

Para mensurar esta disposição, usa-se o Método de Avaliação Contingente - MAC, que é capaz de captar diretamente a disposição a pagar do consumidor. É uma ferramenta útil para avaliação de novos produtos e serviços que ainda não foram colocados no mercado. Basicamente, a Disposição a Pagar (DAP) é o valor que o consumidor está disposto a pagar pelo produto ou serviço oferecido. (VIEIRA; BARBOSA, 2012). A DAP é um conceito da teoria do consumidor, dentro da



microeconomia, no estudo da demanda. São estudadas as variáveis que influenciam na formação do preço e das quantidades ofertadas. A demanda refere-se à preferência que o consumidor dá aos produtos sustentáveis, ou seja, o desejo em consumi-los, ou o valor-utilidade atribuído a eles. Assim, tem-se o valor atribuído pelo consumidor mais o valor econômico do bem. A soma destes dois fatores é a disposição a pagar. (ELIAS, 2013).

Quando se tratam de produtos originados a partir de recursos naturais, como as florestas plantadas, as empresas têm o controle sobre os custos de produção e o cumprimento dos aspectos ambientais e os aspectos legais - sociais. Estes produtos têm o apelo da sustentabilidade, portanto, podem ser valorados a partir do DAP trazendo um ganho expressivo, pois a questão ambiental e social muitas vezes se sobrepõe com considerável importância sobre as questões de valor econômico. É sabido que a adoção de critérios de sustentabilidade na produção de madeira a partir de reflorestamentos com certificação agrega valor significativo ao produto final e abre mercados.(BASSO, 2015).

Segundo Sabbaghi e Mahammadi (2013), a avaliação da DAP em pesquisas de produtos ecológicos, mostra que a pessoa de maiores rendas ou maior cultura geral têm disposição a pagar um valor maior pelos produtos. Além deste comportamento, foi identificado também que os mais idosos têm disposição a pagar por benefícios de preservação ambiental, que existe uma relação positiva e significativa entre a variável idade e DAP, o que significa que os mais idosos têm mais DAP por produtos ecologicamente corretos do que os mais jovens.

Ainda, Kloter (2000) identificou que os consumidores estão dispostos a pagar mais por produtos diferenciados. Especialmente em estruturas de mercado como a concorrência monopolista, é uma estratégia de mercado de as empresas optarem por diferenciação de produtos. Além disto, uma forte divulgação das vantagens que o novo produto proporciona leva à conscientização dos consumidores sobre as diferenças e benefícios. Esta é uma estratégia para sensibilizar o consumidor de forma que ele aumente a sua disposição a pagar pelo produto. Um produto diferenciado só será percebido e se viabilizará como uma vantagem competitiva se for entendido como vantajoso pelo consumidor e atender o apelo pelo qual ele foi concebido.

Na introdução de um novo produto, devem ser identificadas as preferências do consumidor de forma que os produtores possam se adaptar a esta nova demanda.

A questão da introdução de novos produtos cria valor para a empresa – marca, uma vez que, se foi identificado como uma demanda potencial, atende às necessidades do consumidor como vanguarda, criando vantagem competitiva. (CERDA et al., 2012).

## 6.4 MATERIAIS E MÉTODO

Para alcançar os objetos propostos no presente capítulo, foram pareados todos os resultados da presente pesquisa (CAPÍTULOS 1 a 5), juntamente com a revisão bibliográfica e os objetivos propostos por Hosokawa (1999).

Foram analisados o manejo florestal a partir da máxima capacidade produtiva qualitativa do sítio; a necessidade do número de intervenções silviculturais – número de desbastes necessários; seus custos; a variação de preços de toras no mercado e retorno de investimento pela produção desta madeira com maior número de anéis por peça.

Ao final é feita uma simulação do manejo segundo o banco de dados e os cálculos realizados e demonstrado como, a partir de determinada demanda, é possível realizar o manejo florestal.

## 6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.5.1 Análise da Proposição do Manejo para a Produção

No presente estudo, foi utilizada a Equação de Reineke para o cálculo da densidade de árvores antes e depois dos desbastes nos três povoamentos objeto de estudo. (CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L.)

Com a equação ajustada, foram estimados o diâmetro médio quadrático, o número de árvores desbastadas, o número de árvores remanescentes, a área basal retirada e o peso do desbaste (nº de árvores). Foi resgatado um conjunto de informações muito importantes para o manejo florestal.

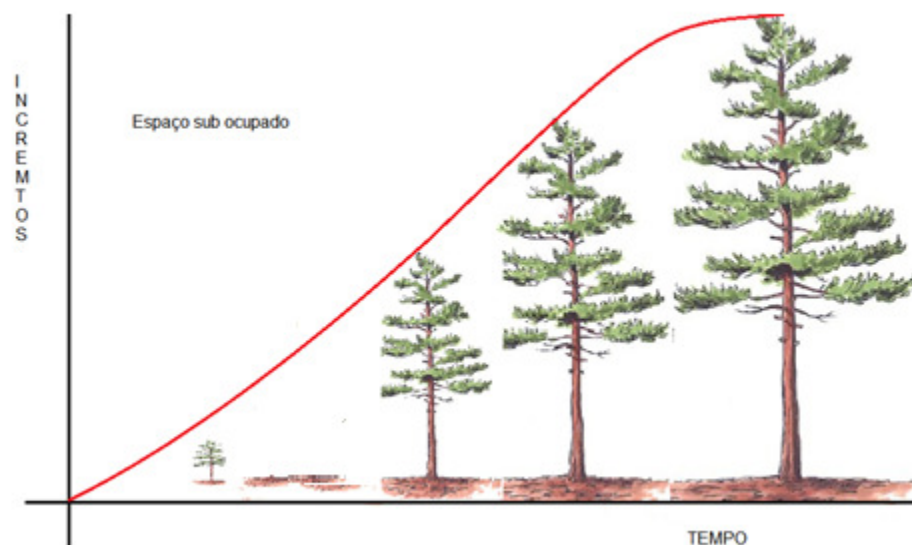
A Equação de Reineke devidamente ajustada permite não só este resgate de informações, mas o planejamento da produção a partir da variável dendrométrica que define o sortimento das toras – o diâmetro médio das árvores.

Este conceito se baseia no diâmetro médio de aproveitamento comercial, de forma que ao realizar desbastes, haja antecipadamente no escopo do planejamento o diâmetro meta desejável, conhecimento do tempo necessário para o povoamento atinja tal produção e qual o peso do desbaste que determinará alcançar tal objetivo.

Este conjunto de informações produz um efeito direto no planejamento da empresa florestal já que pode prever na próxima intervenção (desbaste) qual o sortimento e a qualidade do produto que se irá obter. Uma vez pré-definido o produto a ser produzido, a empresa se coloca antecipadamente no mercado, gerando vantagem competitiva, como descrito por Sambiase, Franklin e Teixeira (2013) e Cerda et al. (2012) quando abordam as questões de vantagens competitivas pela inovação tecnológica.

No presente estudo foi necessário resgatar informações do povoamento, mas num planejamento, o primeiro aspecto que deve ser observado é questão da densidade inicial no plantio. As árvores têm um espaço tridimensional para o crescimento, que no caso dos regimes de manejo atualmente adotados, nos primeiros anos é subutilizado. (HOSOKAWA, 2013). A FIGURA 6.4 ilustra esta condição.

FIGURA 6.4: SUBUTILIZAÇÃO DO ESPAÇO DE CRESCIMENTO NOS ANOS INICIAIS



FONTE: O autor (2015)

A questão da máxima utilização do potencial produtivo do sítio na fase inicial do povoamento é ainda uma incógnita, pois os fatores de produção: energia radiante, água e nutrientes, não são totalmente aproveitados pelo povoamento pela baixa densidade inicial de plantas. No caso de florestas nativas, ocorre o contrário. Existe alta eficiência no aproveitamento do fluxo de energia que resulta no potencial total de produção do sítio pela alta densidade inicial. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008). A FIGURA 6.5 ilustra a configuração típica da densidade de plantas em floresta nativa segundo as classes de diâmetro.

FIGURA 6.5: DENSIDADE DE PLANTAS POR CLASSE DIAMÉTRICA EM FLORESTA NATIVA



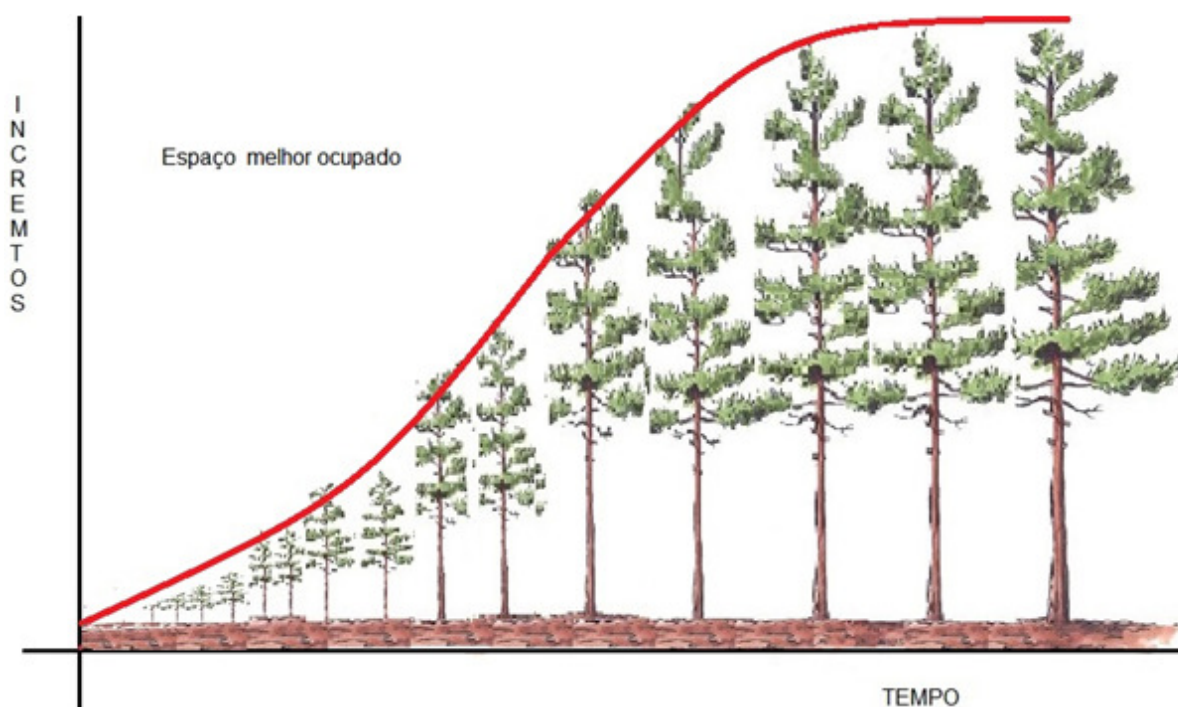
FONTE: ADAPTADO DE Batista et al. (2014)

A questão da subutilização do potencial máximo do sítio é de ordem econômica, uma vez que a terra é um fator de produção que teve um custo de aquisição, ou sobre a qual incorre um custo de arrendamento, como descrito no CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO.

No caso de povoamentos de pinus, somente após um ciclo na produção (cerca de 7 anos) é que estes fatores estariam devidamente alocados. Portanto, para o melhor aproveitamento da capacidade do sítio, e por consequência a maior rentabilidade do investimento, o ideal é viabilizar a ocupação do espaço disponível, como foi demonstrado no CAPÍTULO 2 – SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L.; MATERIAIS E MÉTODO, que demonstram as curvas de IMA em área basal no sentido descendente. A ocupação pode ser pelo aumento da densidade inicial (HOSOKAWA, 2013).

A FIGURA 6.6 ilustra a possibilidade do aumento da densidade inicial, o que proporciona a utilização integral, a todo tempo, dos fatores de produção florestal. Esta situação demandaria do estudo de novos regimes de manejo e a utilização de madeira de pequenos diâmetros nas idades iniciais do povoamento.

FIGURA 6.6: UTILIZAÇÃO DO POTENCIAL DO SÍTIO



FONTE: O autor (2015)

A máxima utilização do potencial produtivo do sítio permite ainda, desbastes precoces, como descrito por Gonçalves et al. (2009) quando afirma que o desbaste precoce, pode proporcionar um ritmo relativamente rápido de crescimento, mas constante, permitindo a formação de madeira mais uniforme, sem as variações de interrupções ao longo de seu desenvolvimento. Proporciona também rendas intermediárias, como demonstrado no CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E FORMAÇÃO DE PREÇOS, onde se percebeu que os desbastes foram determinantes para a o fluxo de caixa positivo no investimento, melhor seleção dos indivíduos que serão remanescentes dos desbastes pelo maior número de opções de árvores como demonstrado no CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L. pela adoção de um maior número de desbastes, e o controle maior sobre os incrementos, o que não ocorre em regimes de manejo tradicionais.

A indução do manejo para a produção exige inovação tecnológica no manejo florestal, e passa por uma profunda reflexão sobre a eficiência dos processos que levam ao crescimento. Hoje existe conhecimento científico do comportamento do crescimento das árvores e ferramentas suficientes para que a inovação aconteça. (HOSOKAWA, 2013). Como citado por Dosi (2006), a inovação cria novas oportunidades de negócios, novos mercados e aumento da receita.

Ficou demonstrado no CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DE *Pinus taeda* L. EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO – quando ao simular o aumento do número de anéis por peça de madeira, houve significativo aumento tanto da resistência como da rigidez considerando a compressão paralela às fibras e a flexão, a possibilidade da produção de peças de madeira com propriedades mecânicas pré-conhecidas, e ainda tendo como base as afirmações de Dosi (2006), adaptando à realidade florestal, abre-se a possibilidade da predição dos produtos a serem colhidos numa floresta, abre-se caminho para novos processos produtivos e novos arranjos operacionais. Novos processos produtivos pelo conhecimento prévio da quantidade, mas principalmente da qualidade ofertada de matéria-prima. Novos arranjos operacionais, no dimensionamento adequado dos módulos de colheita, da logística de transporte e armazenamento e da estrutura industrial adequada para a transformação desta nova matéria-prima. Esta estrutura industrial pode então ser planejada considerando a padronização das toras, o que permite uma alta

adequação do maquinário gerando maior produtividade e redução de custos. A relação matéria-prima – produto final fica mais clara, propiciando maior domínio das técnicas produtivas. (SAMBIASE; FRANKLIN; TEIXEIRA, 2013).

O consumidor poderá ser conscientizado de que determinado produto estará à disposição para compra com as características desejadas por ele, segundo seu valor econômico e sócio-ambiental, como identificado por Kloter (2000).

A densidade a máxima suportada por determinado conjunto de árvores num sítio é informação crucial para o manejo florestal; uma vez conhecida a máxima capacidade produtiva do sítio, o silvicultor também pode intervir no povoamento seguro de que não estará subutilizando os fatores de produção, maximizando assim o potencial produtivo.

Uma vez seguro desta informação, o silvicultor pode flexibilizar o planejamento florestal pois é capaz de levantar informações do povoamento, processá-las e estabelecer novas relações, detectar oportunidades e criar novos processos, certo de que estará trabalhando dentro do conceito de produção econômica – viabilidade econômica da produção - como descrito por Tidd e Bessant (2015).

Através do conjunto de dados levantados e associando-os aos conceitos de densidade completa, é possível também conhecer o tempo que o povoamento irá produzir o diâmetro meta. O presente estudo se baseou no conceito de densidade completa como demonstrado no CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L.

O tempo está fortemente relacionado com a viabilidade econômica dos projetos. Os investimentos são altos e a uma determinada taxa mínima de atratividade se tornam mais ou menos viáveis. No CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA, ficou demonstrado que o regime de manejo de menor ciclo, dentre os três avaliados, alcançou os melhores indicadores de viabilidade econômica.

A informação do período de tempo que o povoamento vai atingir determinado diâmetro meta, portanto, é fundamental, pois o coloca em vantagem competitiva conforme concluíram Sambiase, Franklin e Teixeira (2013).



### 6.5.2 Análise do Dimensionamento Adequado da Velocidade de Crescimento das Árvores

Em coníferas as estruturas que definem uniformidade e homogeneidade na madeira são os anéis anuais; compostos por lenho outonal e lenho primaveral, de característica celular bastante distintas. Uma vez mal distribuídos ou distribuídos de forma heterogênea, criam zonas de crescimento quando fatores externos variam mas não de forma periódica ao longo do lenho, conforme verificado por Wang et al. (2001).

O que define a distribuição e os incrementos anuais em anéis de crescimento é o espaço vital que a árvore dispõe; conforme Schneider (2008) o silvicultor pode controlar o espaço vital ocupado pela árvore, regulando assim a disponibilidade de energia radiante, água e nutrientes. À medida que os indivíduos crescem, o espaço vital de cada um vai diminuindo, e as suas necessidades nutricionais e de absorção de água aumentando, numa proporção direta com o seu porte. É necessário que haja espaço para crescimento da copa, sob pena da redução progressiva do incremento em diâmetro. (HILEY, 1959).

O espaço vital define o crescimento diamétrico que tem influência na formação da células de uma árvore. O conjunto de células forma as estruturas morfológicas meristemáticas da madeira, o que determina as suas propriedades físico-mecânicas. Em coníferas o crescimento não é contínuo porque são criadas zonas de crescimento que no caso da produção de madeira de qualidade, precisa ser modulado através do monitoramento do ICA e do IMA (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008).

A modulação do crescimento ocorre desde que a árvore esteja com plena vitalidade, ou seja, livre de competição pelos fatores de produção ou com essa competição sob controle. O que define o crescimento é a disponibilidade dos fatores de produção (nutrientes, água, energia radiante e concorrência) e a programação genética (genótipo e fenótipo). Destes, o controle sobre os fatores de produção (manejo) é o único fator de crescimento que pode ser manipulado pelo homem. (NUTTO, 2013); (HOSOKAWA, 2013).

No presente estudo, foram utilizados os dados levantados pelo autor (COELHO, 2010) através de ANATRO parcial: ciclo de produção, número de desbastes, idade em que ocorreram os desbastes e diâmetro médio aritmético na

idade das intervenções. Estes foram identificados pela configuração dos anéis anuais. Os povoamentos estavam sob densidade completa após cada intervenção, configurando o acúmulo de anéis a partir do estabelecimento da competição entre as árvores do povoamento, demonstrado no CAPÍTULO 2 SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L.

A partir daí e admitindo que aquela informação signifique a capacidade máxima do sítio, segundo a densidade e tempo, como ficou demonstrado no CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L. – MATERIAIS e MÉTODOS, pela configuração das curvas de IMA. Para uma melhor distribuição dos anéis foi proposto uma intervenção intermediária a cada desbaste efetivamente realizado na tentativa de modular o crescimento e uniformizar a distribuição dos anéis anuais, considerando a máxima capacidade produtiva do sítio. (LARSON, 1969); (PEREIRA; TOMASELI, 2004); (DIAS, 2000).

Com isto é possível dimensionar a velocidade de crescimento das árvores, controlando seu espaço vital, através de desbastes, pelo incremento corrente anual, que permite a aferição do crescimento diamétrico do período anterior. (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2008); (FERRAZ FILHO, 2013).

Portanto, neste caso não são utilizados os conceitos de auto-desbastes de Yoda et al. (1963), nem o efeito da aceleração do crescimento de Assmann (1968), comumente usados nos regimes de manejo tradicionais no Brasil. Deve haver o controle periódico do incremento corrente para que estes não superem o planejado.

A modulação do crescimento pode ser realizada pelo controle constante sobre os incrementos e as intervenções adequadas (entre o máximo ICA e o máximo IMA) propiciando sempre a utilização da máxima capacidade produtiva do sítio. Do ponto de vista econômico significa que sempre vai ocorrer a alocação de fatores dos produção nas árvores mais eficientes, ou seja, vai ocorrer sempre a produção econômica.

A cada intervenção devem ser programados: o diâmetro meta, o número de árvores que serão abatidas no próximo desbaste, e que naquela situação o sítio terá todo o seu potencial produtivo utilizado.

A modulação do crescimento não ocorreu nos Tratamentos 2 e 3 como pode ser observado nas TABELAS 6.1 e 6.2. Elas demonstram o crescimento diamétrico sem uniformidade mesmo após a simulação de desbastes intermediários.

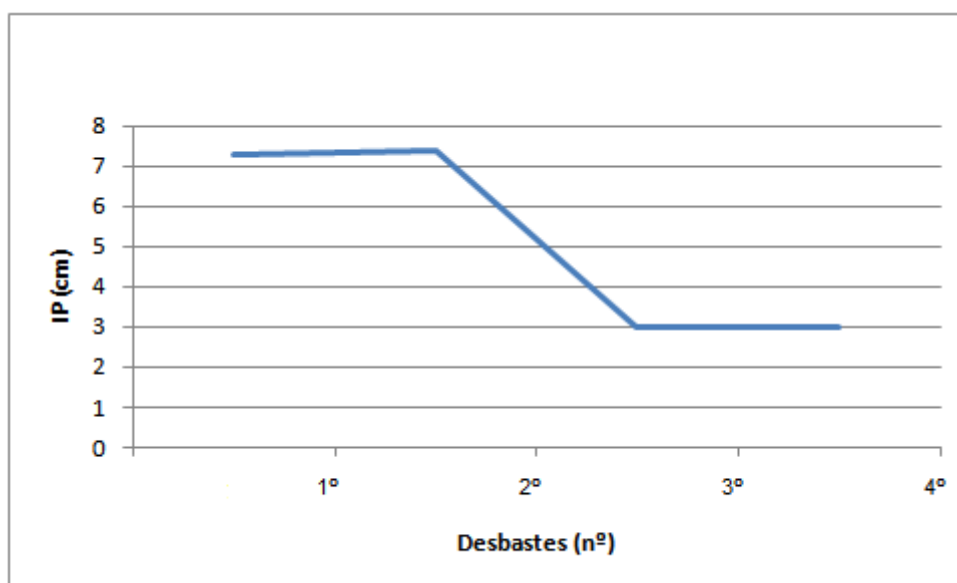
TABELA 6.1 - INTERVENÇÕES E INCREMENTOS – POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 36 ANOS E SIMULAÇÃO DE 4 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR

TRATAMENTO 3					
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	11	18	25	31	36
DAP MÉDIO (cm)	26,4	33,7	41,1	44,1	47,1
IP (cm)	25,8	7,3	7,4	3,0	3,0
Período (anos)	11	7	7	6	5
IPA (cm)	2,3	1,0	1,1	0,5	0,6

FONTE: O autor (2013)

Nota-se que durante ciclo de produção o IP e o IPA são decrescentes, portanto este regime de manejo não traz como ganho a uniformidade e homogeneização dos anéis anuais. Na FIGURA 6.8, é visualizado este expressivo decréscimo, o que não é desejável, pois proporciona madeira de diferentes densidades no sentido radial do fuste criando zonas diferenciadas de crescimento.

FIGURA 6.7 - EVOLUÇÃO DO IP EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 36 ANOS E QUATRO DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR



FONTE: O autor (2015)

O Tratamento 2, inicialmente demonstra certa homogeneidade entre os anéis, no entanto decrescente, acumulando anéis na porção final do fuste, também não alcançando o objetivo de manejo de homogeneização dos anéis anuais (TABELA 6.2).

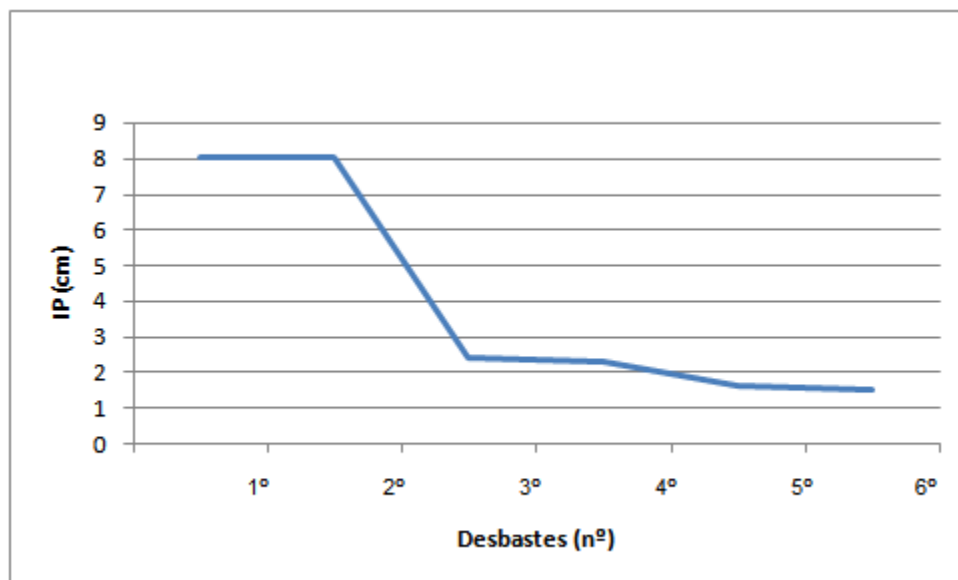
TABELA 6.2 - INTERVENÇÕES E INCREMENTOS - POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 32 ANOS E SIMULAÇÃO DE 6 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR

TRATAMENTO 2							
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	11	17	22	25	28	30	32
DAP MÉDIO (cm)	38,4	46,4	54,4	56,8	59,1	60,7	62,2
IP (cm)	25,8	8,0	8,0	2,4	2,3	1,6	1,5
Período (anos)	11	6	5	3	3	2	2
IPA (cm)	2,3	1,3	1,6	0,8	0,8	0,8	0,8

FONTE: O autor (2013)

O comportamento do IP pode ser visualizado na FIGURA 6.9.

FIGURA 6.8: EVOLUÇÃO DO IP EMPOVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 32 ANOS E SEIS DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR



FONTE: O autor (2015)

O que se deseja é este controle periódico com as devidas decisões de intervenção, chamado por Ferraz Filho (2013) de manejo intensivo.

O manejo intensivo ficou bem caracterizado no Tratamento 1 onde a situação original era de 4 desbastes, aos 8, 13, 18 e 25 anos, com corte raso aos 30 anos, gerando uma proposta de manejo de desbastes aos 8, 11, 13, 16, 18, 22, 25 e 28 anos com corte raso aos 30 anos. De quatro intervenções no povoamento, passou-se a oito. (CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L.)

A TABELA 6.3, demonstra através dos valores do IP, o controle sobre a velocidade do crescimento diamétrico no Tratamento 1.

TABELA 6.3: INTERVENÇÕES E INCREMENTOS EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. com 30 ANOS E OITO DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR

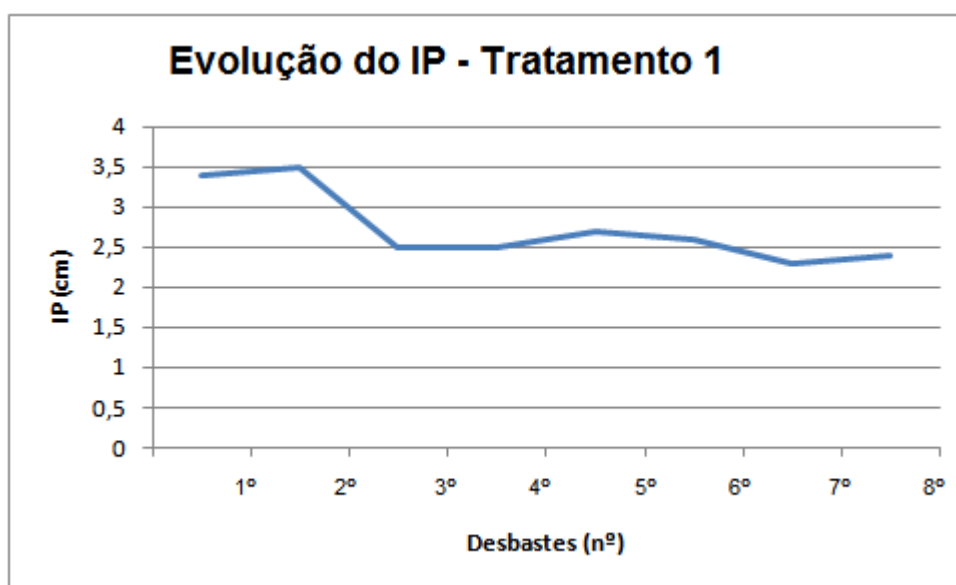
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	C R
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
IP * (cm)	25,8	3,4	3,5	2,5	2,5	2,7	2,6	2,3	2,4
Período (anos)	8	3	2	3	2	4	3	3	2
IPA** (cm)	3,2	1,1	1,8	0,8	1,3	0,7	0,9	0,8	1,2

FONTE: O autor (2013)

Esta desejada homogeneização dos anéis anuais acontece a partir das informações pós 1º desbaste do IP, que é a partir de onde a simulação acontece. Os incrementos periódicos estão em média em 2,7cm e não estão em decréscimo como os Tratamentos anteriores. Os IP entre 2,5cm e 3,5cm, em média são de 1,0cm criando a homogeneidade e uniformidade preconizada. Portanto o novo regime de manejo proposto promovem a uniformização e homogeneização dos anéis anuais.

A FIGURA 6.9, demonstra a evolução do IP ao longo do ciclo de produção.

FIGURA 6.9: EVOLUÇÃO DO IP EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. COM 30 ANOS E OITO DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR



FONTE: O autor (2015)

Os resultados apresentados no Capítulo 4 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DE *Pinus taeda* L. EM FUNÇÃO DA UNIFORMIDADE E VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO do presente estudo, demonstraram que o crescimento modular (homogêneo) dos anéis associado aos incrementos de números de anéis por CP, se traduziu em ganhos bastante expressivos nas características de resistência e rigidez das peças de madeira em relação aos valores médio citados na literatura. A homogeneização dos anéis, resultado do dimensionamento adequado da velocidade de crescimento das árvores resultou em propriedades mecânicas melhores, demonstrado no Tratamento 1, e como pode ser visualizado de forma resumida na TABELA 6.4 – valores paramétricos definidos em norma brasileira, e valores estimados a partir do incrementos nas propriedades mecânicas, TABELAS 6.5 a 6.8:

TABELA 6.4: PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA *Pinus taeda* L.

Propriedade Mecânica	Rigidez (MOE - MPa)	Resistencia (MOR - MPa)
Compressão Paralela às Fibras*	13304	44,4
Flexão **	9450	73,57

FONTE: \* NBR7190/97

\*\*Haselein et al. (2002)

TABELA 6.5 - MOE ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS – COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOE (MPa) Estimado
Viga	4	11	29	60460
Viga	4	15	30	66567
Viga	4	20	30	66567
Viga	5	6	16	17686
Viga	6	12	30	66657
Viga	6	16	30	66567
Coluna	20	30	30	66567

FONTE: IPT NBR 7203

O autor (2013)

TABELA 6.6 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS - COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOR (MPa) estimado
Viga	4	11	29	109
Viga	4	15	30	111
Viga	4	20	30	111

Viga	5	6	16	84
Viga	6	12	30	111
Viga	6	16	30	111
Coluna	20	30	30	111

FONTE: IPT NBR 7203  
O autor (2013)

TABELA 6.7 - MOE ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS - FLEXÃO ESTÁTICA

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOE (MPa) estimado
Viga	4	11	20	37332
Viga	4	15	30	37954
Viga	4	20	30	37954
Viga	5	6	16	30208
Viga	6	12	30	37954
Viga	6	16	3	37954
Coluna	20	30	30	37954

FONTE: IPT NBR 7203  
O autor (2013)

TABELA 6.8 - MOR ESTIMADO PARA PEÇAS ESTRUTURAIS - FLEXÃO ESTÁTICA

Nome da Peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nº de Anéis estimado	MOR (MPa) estimado
Viga	4	11	29	88
Viga	4	15	30	89
Viga	4	20	30	89
Viga	5	6	16	86
Viga	6	12	30	89
Viga	6	16	30	89
Coluna	20	30	30	89

FONTE: IPT NBR 7203  
O autor (2013)

Comparando-se os valores estimados para rigidez e resistência tanto para compressão paralela às fibras como para flexão, com os dados paramétricos da NBR7190/97 e os resultados levantados por Haselein et al. (2002), percebe-se o ganho nas propriedades mecânicas da madeira somente a partir da indução do manejo florestal intensivo.

### 6.5.3 Análise da Possibilidade da Redução dos Custos em Processos Industriais pela Melhoria das Propriedades Mecânicas da Madeira.

As florestas plantadas no Brasil alcançam produtividade três vezes superior às plantadas nos Estados Unidos. Apesar de o Brasil ter alcançado produtividade tão expressiva, considerando o vazio tecnológico que há entre este país e aquele, a madeira processada de pinus é de baixa qualidade e de alto custo local considerando a realidade brasileira: os custos de mão-de-obra, energia elétrica, outros insumos e impostos. A que se considerar também a afirmação de Leite (1994), no que se refere à qualidade de equipamentos, infra-estrutura e qualificação de mão-de-obra.

Como foi citado por Mancini (2011), as empresas de base florestal estão optando por regimes silviculturais sem desbaste e sem poda, além da redução do ciclo de produção para 15 anos, pela maximização da produção volumétrica e pela análise do investimento. Isto traz problemas na qualidade da madeira, uma vez que produz no lenho, zonas de crescimento bastante heterogêneas pela má distribuição dos anéis anuais podendo causar problemas no processos de industrialização da madeira serrada e laminada, conforme verificado por Wang et al. (2001).

A FIGURA 6.10 ilustra a heterogeneidade na distribuição dos anéis anuais que produz no lenho a densificação dos anéis em algumas zonas de crescimento.

FIGURA 6.10: HETEROGENEIDADE NO LENHO PELO MÁ DISTRIBUIÇÃO DOS ANÉIS



FONTE: O autor (2013)



Foi constatado que esta concentração de anéis se faz presente em dois dos três Tratamentos estudados. Os valores do IP no Tratamento 3, com 2 desbastes, num ciclo de produção de 36 anos demonstram esta afirmação (TABELA 6.9):

TABELA 6.9: INTERVENÇÕES REALIZADAS EM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. com 32 ANOS E 2 DESBASTES NA REGIÃO DE SENGÉS - PR

Intervenção	1° Desb	2° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	11	25	36
DAP médio (cm)	26,4	41,1	47,1
IP * (cm)	26,4	14,7	6,0
Período de tempo (anos)	11	14	11
IPA ** (cm)	2,4	1,1	0,5

FONTE: O autor (2013)

Na TABELA 6.9 percebe-se que o incremento periódico entre o segundo e o terceiro desbaste foi de 14,7cm num período de 14 anos, e entre o 2º desbaste e o corte raso foi de apenas 6,0cm, num período de 11 anos. Isto se traduz numa concentração muito alta dos anéis anuais em detrimento dos outros períodos trazendo à madeira características indesejáveis no pós desdobro e secagem, uma vez que na porção final radial do fuste, a madeira terá uma densidade maior e nas porções intermediária e central uma densidade bem menor.

Esta heterogeneidade no lenho provoca defeitos durante o processo de secagem, que por sua vez, causam significativos prejuízos para o processamento da madeira e traz prejuízos principalmente no setor moveleiro. (MARTINS, 1988).

Os principais defeitos na secagem são empenamento e rachaduras. O empenamento pode ser de vários tipos: encanoamento, arqueamento, encurvamento, torcimento e forma de diamante. (MARTINS, 1988).

Martins (1988) ainda afirma que é difícil prevenir a ocorrência de defeitos no processo industrial, restando algumas providências que podem ser tomadas para minimizá-los, como: desdobro adequado, empilhamento e colocação de pesos sobre a madeira empilhada.

No entanto, mudanças no manejo das florestas através do manejo intensivo seriam alternativas viáveis, propiciando a melhoria da qualidade da madeira vinda de reflorestamentos: uniformidade na distribuição dos anéis, madeira sem presença de nós, bolsas de resina, grã reversa (desvio de fibras), lenho de compressão e

deformações, como demonstrado no CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L. Além da adoção de técnicas de manejo, possivelmente rotações mais longas em relação às rotações comumente realizadas na atualidade, e mais intervenções promoveriam a produção de toras de melhor qualidade, apropriadas a usos mais nobres. (ALMEIDA; SILVA; ANGELO, 2011).

Siqueira (2004) afirma que no caso de *Pinus taeda*, uma melhoria nas características da madeira tem reflexo imediato no seu valor econômico no Brasil

Segundo Florsheim (1992) uma maior densidade da madeira corresponde quase sempre, a uma maior resistência mecânica; a uma maior durabilidade natural; a um maior rendimento em pasta de papel, bem como a uma mais elevada concentração do seu valor energético. Esta afirmação vai de encontro ao constatado neste estudo: o aumento da densidade pela presença de maior número de anéis por peça e pela sua homogeneização ao longo do lenho pode proporcionar uma melhoria na qualidade da matéria-prima como visto no CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DE *Pinus taeda* L. EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO. Naquele Capítulo, ficou demonstrado que para Compressão Paralela às Fibras, há correlação positiva forte para as variáveis Número de Anéis e MOE; há correlação positiva forte para as variáveis: Número de Anéis e MOR; positiva moderada entre Massa Específica e MOR. Para Flexão, há correlação positiva forte para as variáveis: Número de Anéis e MOR, Massa Específica e MOR e Massa Específica e Número de Anéis; há correlação positiva forte para as variáveis: Número de Anéis e MOR, Massa Específica e MOR e Massa Específica e Número de Anéis.

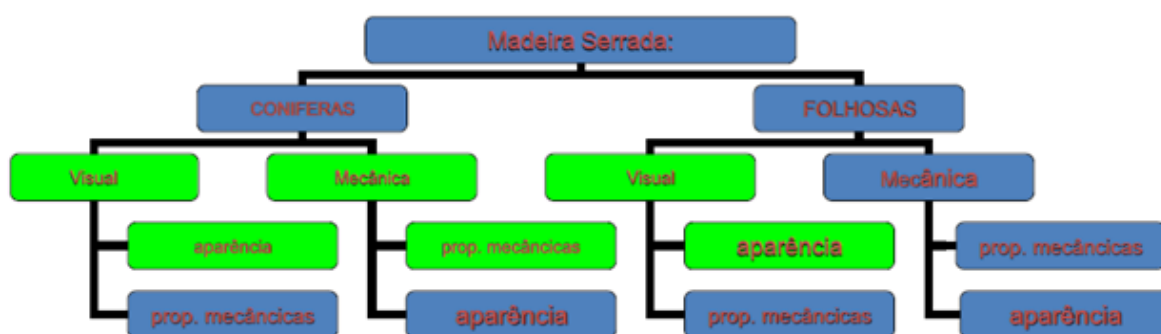
Existe a possibilidade da redução de custos de transformação pela melhor qualidade de madeira para produção de pasta mecânica, como foi constatado por Mokfienski et al. (2008), Fonseca, Oliveira e Silveira (1996) e Pereira et al. (1994), pela menor quantidade de carvão vegetal para a siderurgia, constatado por Santos (2010), e por Joseleu et al. (2004) pelo uso de menor quantidades de insumos na área de produção de painéis.

Todos os exemplos citados, demonstram que a melhoria das características químicas da madeira, proporcionam melhoria nos processos e redução de custos de industrialização da madeira e que o conhecimento gerado nas áreas da engenharia florestal já é suficiente para propor inovações na condução de florestas plantadas, reforçando a afirmação de Hosokawa (2013).

Na área de serrados a madeira produzida a partir do manejo intensivo (FERRA FILHO, 2013) proporciona redução de custos operacionais pela maior estabilidade dimensional, pela redução de perdas durante e após o processo de industrialização e pela valorização da madeira a partir das propriedades físicas e mecânicas e aspecto visual. (HOSOKAWA, 2013). O presente estudo demonstra que o Tratamento 1 – *Pinus taeda* com rotação de 30 anos, 3 podas, 8 desbastes, produz lenho com anéis anuais homogêneos e uniformes, e que estas novas características, proporcionam ganhos na rigidez e resistência de tal forma que para as propriedades compressão paralela às fibras e flexão, a espécie estudada apresenta características superiores aos valores normativos brasileiros, confirmados no CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DE *Pinus taeda* L. EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO.

Nutto (2013) apresenta uma classificação de madeiras serradas na Europa, que se baseia basicamente em dois aspectos: visual e mecânico. O aspecto visual é a aparência que a madeira apresenta: sem defeitos, deformações, fibras contínuas, sem nós, com superfície lisa e uniforme. O aspecto mecânico é a capacidade que a peça tem de suportar esforços (rigidez e resistência). Estas características são determinantes na Europa para a definição do valor de venda da madeira em toras porque o mercado para madeira com estas características está estabelecido e se traduz em custos de transformação menores. Na FIGURA 6.14 é possível ver o diagrama de classificação de madeira serrada. Os campos em verde marcam a classificação na Europa.

FIGURA 6.11: DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DE MADEIRA SERRADA NA EUROPA



FONTE: NUTTO (2013)

Percebe-se que a aparência é tão determinante quanto as propriedades mecânicas, uma vez que o europeu aprecia muito ambientes com madeira exposta, além de usá-la com bastante frequência em construções, devido ao conforto térmico que ela proporciona. Segundo o presente estudo, a aparência da madeira de *Pinus taeda* L. é melhorada pelas operações de poda e pela densificação dos anéis de crescimento por peça de madeira, conforme demonstrado no CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda* L e CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DE *Pinus taeda* L. EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO. Estas características, portanto, proporcionam ganho significativo na qualidade e possivelmente se traduz na oportunidade de maior renda ao produtor.

Nutto (2013) apresenta dados de comercialização de madeira no continente europeu. Na TABELA 6.10 chama atenção o valor de venda de madeiras em toras de árvores de coníferas que foram manejadas visando a produção de madeira com qualidade. Isto demonstra que a madeira de qualidade é altamente valorizada no exterior. Este comportamento de mercado pode ser reproduzido no Brasil através de ações de marketing e conscientização do consumidor ao adquirir madeira reflorestada certificada. No CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DA SENSIBILIDADE E FORMAÇÃO DE PREÇOS PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA DE *Pinus taeda* L. foi demonstrado a possível valoração da madeira de *Pinus taeda* L. sob o regime intensivo proposto, considerando apenas o fato da madeira ser podada, excluindo-se a possível valorização pela uniformidade e homogeneização dos anéis de crescimento.

TABELA 6.10 - PREÇOS DE TORAS DE CONÍFERAS EUROPEIAS

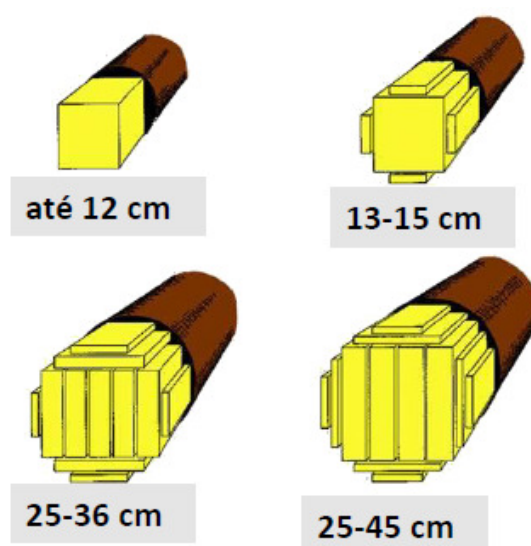
Classe de diâmetro	Classificação	Preço Médio (€/m <sup>3</sup> )	Preço Mínimo (€/m <sup>3</sup> )	Preço Máximo (€/m <sup>3</sup> )
Até 12cm	L2a – L3b	317,00	60,00	1.410,00
13cm a 15cm	L4	599,00	85,00	931,00
25cm a 36cm	L5	904,00	100,00	2.500,00
25cm a 45cm	L6	904,00	100,00	2.500,00

FONTE: NUTTO (2013)

COTAÇÃO: €1,00 = R\$2,92

Outro aspecto a ser considerado é que a madeira sob regime intensivo e controle sobre os incrementos proporciona certa padronização nas toras, o que uma vez reconhecida pelo mercado madeireiro, pode promover a valorização por esta padronização. Um exemplo vindo da Europa demonstra os diagramas de corte para cada classe de diâmetro de toras (FIGURA 6.15).

FIGURA 6.12: DIAGRAMA DE CORTE DE CONÍFERAS EUROPEIAS SEGUNDO A CLASSIFICAÇÃO DIAMÉTRICA



FONTE: NUTTO (2013)

Os compradores de madeira em toras são conhecedores destes diagramas de corte. Desta forma, ao adquirir um lote de toras segundo uma classificação a partir dos diâmetros e qualidade visual: retidão do fuste, ausência de nós, sanidade, seção circular (seção mais redonda possível), centralidade da medula (não ocorrência de ovalidade) e baixa conicidade, sabe que o processamento irá proporcionar o máximo rendimento operacional na transformação em serrados. Por isto pode pré-estabelecer o rendimento operacional e saber o volume útil pós processamento, aspecto importante na composição e controle dos custos. (SENGE; CRASTEDT; PORTER, 2001). O mercado europeu valoriza as toras com qualidade: baixa conicidade, sem nós, sem curvatura; tem a percepção que esta qualidade construída por técnicas de manejo florestal permite o melhor rendimento operacional, e garante também uma rentabilidade maior pelo preço de venda que esta madeira serrada de alta qualidade pode proporcionar. (NUTTO, 2013).

A adoção de regimes de manejo voltados à produção qualitativa, em *Clusters* ou APL's o setor madeireiro pode reproduzir este modelo europeu de produção e consumo com sucesso.

O presente estudo demonstra a viabilidade silvicultural e econômica de produzir madeira em toras de alta qualidade. Assim, o silvicultor pode ter como alternativa na cadeia produtiva florestal o fornecimento de matéria-prima que melhora o rendimento no desdobro, proporciona menores problemas antes e depois da secagem pela estabilidade dimensional das peças serradas, culminando com a redução dos custos. É um processo de inovação tecnológica no manejo florestal que na cadeia produtiva, favorece compradores e parceiros. O favorecimento cria uma rede de relacionamentos entre empresas com ênfase em inovação; as empresas são capazes de criar vantagens competitivas no contexto regional e nacional como enfatizaram Carino e Bilis (2000); Siqueira (2004); Cown (2005); Noce et al. (2005); Lopes e Barbosa (2006); Resende, Paixão e Diniz (2012) e Hosokawa (2013).

#### 6.5.4 Análise da Possibilidade da Aceitação por Parte do Consumidor de Madeira Reflorestada para Fins mais Nobres.

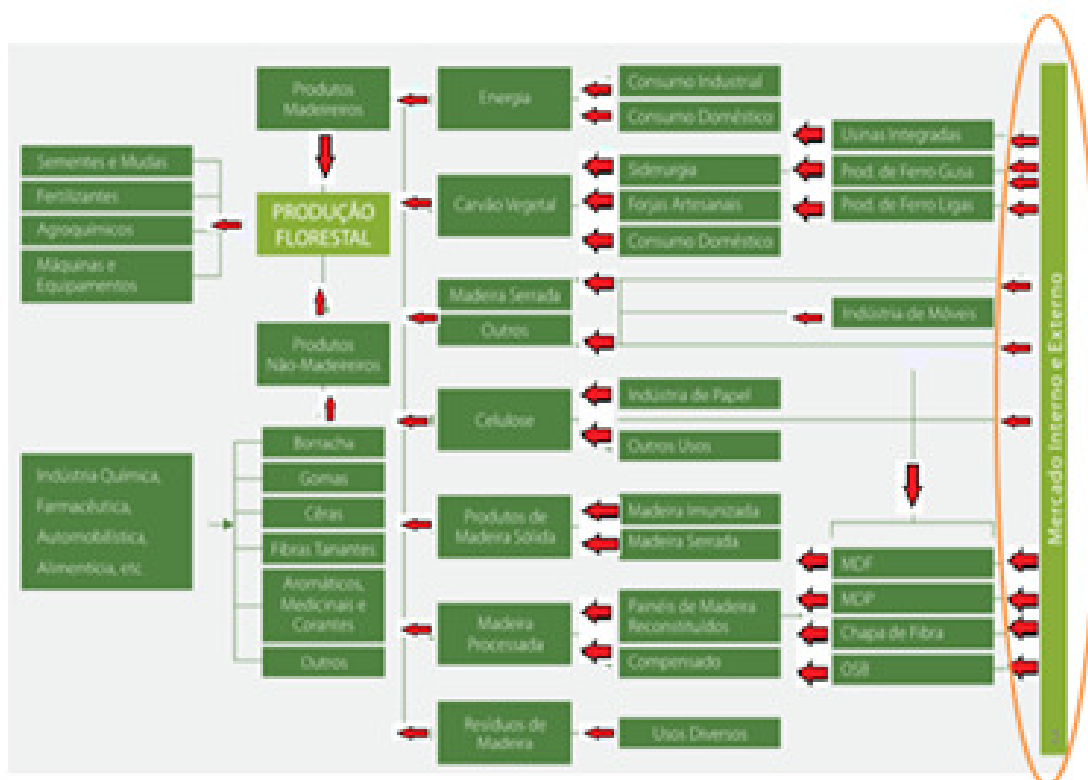
A madeira produzida a partir de reflorestamentos, ainda sofre certo preconceito por desconhecimento por parte da população dos benefícios das florestas plantadas. No entanto, têm importante papel por desempenhar na economia e sociedade o atendimento das suas necessidades. Sem as florestas plantadas a população mundial não seria atendida nas suas demandas por energia, papel, celulose, matérias-primas para construção de casas, e outros, como demonstrado no CAPÍTULO 1 - ESTRUTURA DA TESE. As florestas nativas apresentam ciclos longos, baixa produtividade, madeira sem padronização e isto afeta diretamente os processos produtivos encarecendo-os ao ponto de em alguns casos inviabilizá-los. (HOSOKAWA; MOREIRA; CUNHA, 2008).

A madeira produzida a partir de reflorestamentos precisa seguir uma nova metodologia de inserção no mercado. A FIGURA 6.18 propõe o caminho inverso da percepção das cadeias produtivas atuais. Se as cadeias produtivas são baseadas unicamente na máxima produção biológica e rentabilidade do negócio, a partir da minimização dos investimentos e intervenções nas florestas como descrito por Mancini (2012), estão desfocadas do ponto chave do negócio: o consumidor final, e

vão no sentido contrário da afirmação de Senatore (2013) e Dubiel (2015): o cliente é o dono do negócio.

Segundo a FIGURA 6.13, os Mercados Interno e Externo dão subsídios e informações ao setor de produção florestal das características desejáveis que devem estar presentes na matéria-prima, neste caso, a madeira em toras. Pode ser maior ou menor presença de resina, lignina, massa específica, número de anéis anuais e homogeneidade e uniformidade ou não destes anéis. Então o manejo florestal se adapta às necessidades do mercado, trazendo com isso a valorização da madeira, a redução dos custos de processos industriais e a maior satisfação do cliente.

FIGURA 6.13: A CADEIA PRODUTIVA A PARTIR DA DEMANDA DO CONSUMIDOR



FONTE: STCP (2012) ADAPTADO PELO AUTOR (2015)

Schumpeter (1998) defende a teoria da desconstrução criadora, ou seja, a desconstrução do conhecimento, de processos, de metodologias, para a construção do novo. Neste caso, ocorre de fato a produção de um novo produto, que é originado a partir de uma nova matéria-prima, pela mudança no manejo do povoamento, que proporciona a melhoria da qualidade, originando um novo mercado para a madeira.

Para que tudo isto ocorra, é necessário uma mudança profunda na organização. No diagrama de Schumpeter (1998) todas as mudanças inovadoras são contempladas.

Isto é demonstrado no CAPÍTULO 2 – SIMULAÇÃO DE REGIMES DE MANEJO PARA *Pinus taeda*, onde o número de desbastes vai de quatro a oito, números estes pouco comuns nas empresas florestais brasileiras. O regime de manejo com oito desbastes demonstra a proposta de atender a um nicho de mercado de madeira reflorestada com maior capacidade estrutural simulado no CAPÍTULO 5 – SIMULAÇÃO DA RESISTENCIA E RIGIDEZ DA MADEIRA DE *Pinus taeda* L. EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO. Além do foco no cliente, um outro aspecto que potencializaria a cadeia produtiva madeireira é o enfoque sistêmico do produto.

Como visto, Staatz (1997), e adaptando às cadeias produtivas madeireiras, o enfoque sistêmico é baseado nos conceitos: a) Verticalidade: as condições produtivas podem proporcionar ganhos econômicos numa cadeia produtiva florestal; b) Orientação para a demanda: o cliente é quem vai determinar o produto desejado; c) Coordenação: através de APL's ou *Clusters* - o fluxo de informações alimenta os processos decisórios; d) Competição interna: diferentes produtores podem competir de forma salutar, melhorando a qualidade dos seus produtos; e) Alavancagem: pequenas melhorias nos processos produtivos individuais e coletivos podem catalisar a produção em termos de qualidade e quantidade.

Por outro lado, o consumidor atual está muito atendo às questões ambientais como bem frisou Efig e Souza (2014) quando escreve sobre a questão do consumo consciente.

Sabaticci (2012) expressa os novos comportamentos individuais e coletivos que atentam à questão da sustentabilidade, do consumo consciente, pela disposição que o consumidor tem de pagar por produtos sustentáveis, mesmo que de preços mais elevados. A questão ambiental muitas vezes se torna de maior valor que o próprio produto. Assim, estes são valorados pelos custos de produção mais o valor-utilidade que apresentam pelo aspecto de sustentabilidade.

A madeira produzida por florestas plantadas sob manejo intensivo além de apresentar características desejadas pelo consumidor, tem uma forma de agregação de valor que é a certificação florestal. A certificação garante que o produto esteja de acordo com padrões ambientais, sociais e econômicos, que promovam o desenvolvimento sustentável regional. (ZANONI, 2002; BASSO, 2015). Portanto,

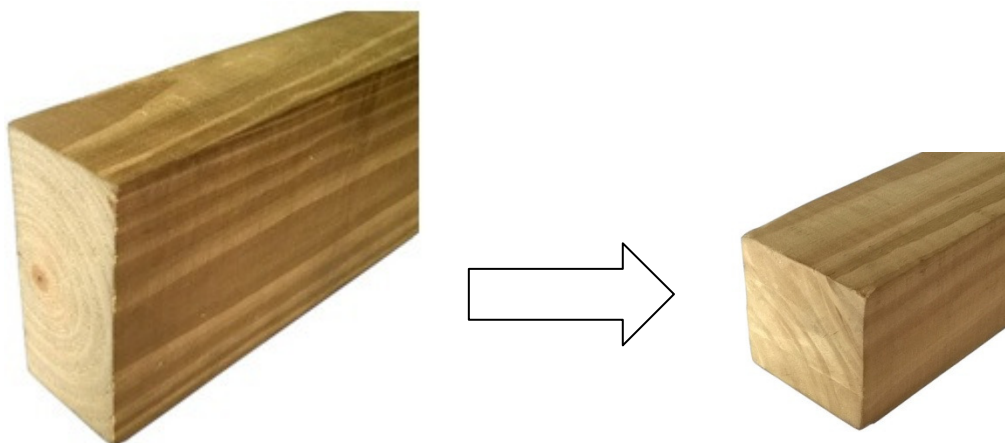


tem um forte apelo econômico, ambiental e social, pela sua forma de produção. De forma semelhante, isso foi identificado por Kotler (2000); Langley (2012); Sabbaghi e Mahammadi (2013) em estudo sobre produtos sustentáveis.

A madeira de alta qualidade produzida a partir de reflorestamentos sustentáveis, carecem de divulgação das vantagens do seu consumo: atendimento das demandas pessoais, promoção da conservação da natureza, garantias sociais e ser vendido por um preço justo.

Outro aspecto a ser considerado é questão da qualidade da madeira como fator de atendimento das necessidades do consumidor. Uma vez produzida a partir de conceitos de qualidade, a madeira de *Pinus taeda* L. pode ser utilizada como peça estrutural exposta como vigas e colunas, substituindo madeiras de florestas tropicais. Vai proporcionar, por exemplo a redução das dimensões das peças para composição de móveis, incorrendo em redução de custos de produção e visivelmente é mais agradável promovendo uma maior demanda, como exemplificado na FIGURA 6.14.

FIGURA 6.14 - REDUÇÃO DAS DIMENSÕES DE PEÇAS PELA MELHORIA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS



FONTE: SANTOS MADEIRAS S.A. (2015)

No aspecto visual há ganhos pela ausência de nós e outros defeitos valorizando-a. A FIGURA 6.15 ilustra o aspecto visual da madeira de pinus sem defeitos.

FIGURA 6.15 - PAREDE DE LAMBRIS DE PINUS A PARTIR DE MANEJO INTENSIVO: MELHORIA DO ASPECTO VISUAL



FONTE: O autor (2015)

#### 6.6 Simulação da Produção Florestal de acordo com o Produto Final

O banco de dados para os ensaios de propriedades mecânicas coletado, bem como os cálculos e estimativas realizadas permite inferir sobre a possibilidade de atender certa demanda de produtos pré-definidos pelo consumidor final.

Desta forma, se inverte o processo atual de que a floresta oferece determinada matéria-prima, e a indústria e o consumidor se adaptam a ela ou definem produtos substitutos para atender suas demandas.

Uma vez, sendo o foco do negócio a demanda do cliente, a partir das características de rigidez e resistência, é possível determinar o regime de manejo: espaçamento inicial, número de desbastes e ciclo de produção para produzir tal produto. Este produto adquire então as características de homogeneidade e uniformidade dos anéis anuais, apresenta também, bom aspecto visual e melhor trabalhabilidade.

Definidas as demandas, para efeito de ilustração e apresentação dos resultados, para a rigidez segundo a Compressão Paralela às fibras, a simulação seria a partir da TABELA 6.11:

TABELA 6.11 - SIMULAÇÃO DA COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS - RIGIDEZ

Simulação da Compressão Paralela às Fibras – Rigidez									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP Médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N Remanesc	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	
Peso Desb (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOE estim (Mpa)	4333	8577	12150	18627	23689	35599	46096	57932	66567

FONTE: O autor (2015)

Simulação 1: se o comerciante deseja vender colunas com as características, Dimensões: 4,0cm x 11,0cm e MOE de 20.000Mpa o regime de manejo seria como demonstrado na TABELA 6.12:

TABELA 6.12 - Simulação 1

Simulação da Compressão Paralela às Fibras – Rigidez									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	Corte Raso
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP Médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N Remanesc	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	
Peso Desb (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOE estim (Mpa)	4333	8577	12150	18627	23689	35599	46096	57932	66567

FONTE: O autor (2015)

Até o 5º desbaste e em tese aos 18 anos, a madeira atingiria a configuração dimensional e de rigidez solicitada.

A expressão em tese se aplica em função das outras variáveis que podem influenciar na estimativa e que são relativamente consideradas no estudo, em especial os lenhos juvenil e maduro.

Para a Resistência segundo a Propriedade Mecânica de Compressão Paralela às fibras, a simulação seria a partir da TABELA 6.13:

TABELA 6.13 - SIMULAÇÃO DA COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS - RESISTENCIA

Simulação da Compressão Paralela às Fibras - Resistencia									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP MÉDIO (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N/ha remanescente	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	20
Peso desbaste (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOR (Mpa) estim.	63	73	78	85	90	98	103	108	111

FONTE: O autor (2015)

Simulação 2: se o comerciante deseja vender vigas com as características, Dimensões: 5,0cm x 15,0cm e MOR de 100Mpa o regime de manejo seria conforme demonstrado na TABELA 6.14:

TABELA 6.14 - SIMULAÇÃO 2

Simulação da Compressão Paralela às Fibras - Resistencia									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP MÉDIO (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N/ha remanescente	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	20
Peso desbaste (n árv)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOR (Mpa) estim.	63	73	78	85	90	98	103	108	111

FONTE: O autor (2015)

Até o 7º desbaste e em tese aos 25 anos, a madeira atingiria a configuração dimensional e de rigidez solicitada.

Para a Rigidez segundo a Propriedade Mecânica de Flexão Estática, a simulação seria a partir do TABELA 6.15:

TABELA 6.15 - SIMULAÇÃO DA FLEXÃO ESTÁTICA – RIGIDEZ

Simulação da Flexão Estática - Rigidez									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP Médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N Remanesc	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	
Peso Desb (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOE (MPa) estim	19354	26745	28342	30477	31762	34075	35629	37059	37954

FONTE: O autor (2015)

Simulação 3: se o comerciante deseja vender vigas com as características, Dimensões: 6,0cm x 25,0cm e MOE de 35000Mpa o regime de manejo é o demonstrado na TABELA 6.16:

TABELA 6.16 - SIMULAÇÃO 3

Simulação da Flexão Estática - Rigidez									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP Médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N Remanesc	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	
Peso Desb (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOE (MPa) estim	19354	26745	28342	30477	31762	34075	35629	37059	37954

FONTE: O autor (2015)

Até o 7º desbaste e em tese aos 25 anos, a madeira atingiria a configuração dimensional e de rigidez solicitada.

Para a Resistencia segundo a Propriedade Mecânica de Flexão Estática, a simulação seria a partir da TABELA 6.17:

TABELA 6.17 - SIMULAÇÃO DA FLEXÃO ESTÁTICA – RESISTENCIA

Simulação da Flexão Estática - Resistência									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP Médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N Remanesc	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	
Peso Desb (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOR (MPa) estim	70	83	85	86	87	87,5	88,0	88,4	89

FONTE: O autor (2015)

Simulação 4: se o comerciante deseja vender vigas com as características, Dimensões: 6,0cm x 25,0cm e MOR de 85Mpa o regime de manejo seria o demonstrado na TABELA 6.18:

TABELA 6.18 - SIMULAÇÃO 4

Simulação da Flexão Estática – Resistência									
Intervenção	1° Desb	2° Desb	3° Desb	4° Desb	5° Desb	6° Desb	7° Desb	8° Desb	CR
Idade (anos)	8	11	13	16	18	22	25	28	30
DAP Médio (cm)	25,8	29,2	32,7	35,2	37,7	40,4	43	45,3	47,7
Dg (cm)	28,9	31,9	35,2	37,5	39,9	42,4	44,9	47,1	49,4
N Remanesc	597	497	417	371	332	297	268	245	225
N retirado	1070	100	80	46	39	36	29	22	
Peso Desb (%)	64%	17%	16%	11%	10%	11%	10%	8%	
MOR (MPa) estim	70	83	85	86	87	87,5	88,0	88,4	89

FONTE: O autor (2015)

Até o 4º desbaste e em tese aos 16 anos, a madeira atingiria a configuração dimensional e de resistencia solicitada.

Nestas simulações é necessário considerar a questão da presença de lenho maduro nas toras, pois é ele que garante maior rigidez e resistência à madeira.

## 6.7 CONCLUSÕES

- a. Pela discussão frente à bibliografia consultada e os resultados levantados nos Capítulos 1 a 6, ficou demonstrado que o uso do conhecimento científico gerado na área de manejo florestal já é suficiente para que as indústrias sejam atendidas com matérias-primas (toras) de melhor qualidade. Isto é conseguido pelo levantamento de um conjunto de informações do povoamento e da pré-definição dos atributos da madeira, gerando regimes de manejo específicos voltados aos objetivos da produção.
- b. A utilização de informações de povoamentos sob densidade completa é de fundamental importância para a proposição do manejo florestal considerando a utilização da máxima capacidade produtiva do sítio. Uma vez conhecida esta máxima capacidade, o manejo florestal qualitativo pode ser de produção econômica. O dimensionamento adequado da velocidade de crescimento das árvores se dá somente a partir do conhecimento da capacidade produtiva do sítio. Para isto é necessário um banco de dados que vai definir o manejo florestal que proporciona a velocidade de crescimento das árvores de acordo com a sua idade e as reações a desbastes. O controle da velocidade do crescimento das árvores se dá através do manejo intensivo, onde são feitos desbastes com base no controle sobre os incrementos. É fundamental que se mensure periodicamente o povoamento e as intervenções aconteçam no período a partir do máximo valor do ICA e no máximo IMA considerando a área basal.
- c. As empresas de base florestal no Brasil são conservadoras com relação à inovações no manejo florestal. Os regimes de manejo tradicionais estão voltados unicamente à máxima rentabilidade econômica pela máxima produção. Estas empresas estão optando por regimes silviculturais sem desbaste e sem poda, e redução do ciclo de produção. Isto provoca no lenho zonas de crescimento diferenciadas causando defeitos na madeira e problemas na secagem. Regimes de manejo intensivos, com muitas intervenções (podas e desbastes), produzindo madeira clear, são economicamente viáveis como demonstrado no regime com ciclo de 30 nos

e 8 desbastes, e podem proporcionar aumento de rendimento e redução de perdas durante e após processamento e secagem pela configuração homogênea e uniformidade nos anéis de crescimento. A madeira produzida por florestas plantadas sob manejo intensivo apresenta características de propriedades mecânicas incrementadas.

- d. Produtos de boa qualidade e que apresentam características de sustentabilidade são atraentes ao consumidor, pois este está disposto a reconhecer os valores sob os quais foi produzido, pagando mais por isso.
- e. Foi possível estabelecer o modelo de manejo florestal a partir de informações do tipo de peça, suas dimensões e a capacidade de carga solicitada, para compressão paralela às fibras e flexão estática. Isto é inovador, uma vez que hoje ocorre o processo inverso, sem o concurso de regimes de manejo voltados à produção industrial.



## REFERENCIAS

ALMEIDA, R. R.; BORTOLETTO JÚNIOR, G; JANKOWSKY, I. P. Produção de lâminas a partir de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**; v. 32, n.65, p. 49 - 58. 2004

ALMEIDA, A. N. **Estudo econométrico da demanda e oferta de madeira em tora para o processamento mecânico no estado do Paraná**. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G. L.; ANGELO, H. Caracterização do Ambiente de Negócios para a produção de Madeira Serrada no Brasil e no Canadá. **Revista FLORESTA**. v. 41, n. 4, p. 751-764. 2011.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *urophylla***. 151 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais/Tecnologia de Produtos Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BASSO, V. M. **Desafios e oportunidades da certificação do manejo florestal pelo sistema FSC no continente americano**. 205 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.

BATISTA, J. L. F., COUTO, H. T. Z., SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de Recursos Florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1 ed. São Paulo. Oficina de Textos. 2014

BAUMAN, Zygmund. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Trad. Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro. Zahar, 2008.

BIBLIS, E. J.; CARINO, H. F. Flexural properties of southern pine plywood overlaid with fiberglass-reinforced plastic. **Forest products journal**, v. 50, n.4, p. 34. 2000.

BODIG, J.; JAYNE, B.A. **Mechanics of wood and wood composites**. New York: Van Reinhold Company, 198

CERDA, A.A.; GARCIA, L.Y.; ORTEGA-FARIAS, S. UBILLA, A.M.; Consumer preferences and willingness to pay for organic apples; **Ciência e Investigación Agrária** v. 39 n. 1, 2012

COELHO JUNIOR, L. M. ; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das Exportações Mundiais de Produtos Florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n.4, 2013.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

COWN D. Understanding and managing wood quality for improving product value in New Zealand. New Zealand **Journal of Forestry Science**. v. 35, n. 2, p. 205-220 2005.

COZZO, D. **Cómo utilizar la madera de los árboles cultivados**. Buenos Aires. Cosmopolita. 1956. 219 p.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. São Paulo: Editora da UNICAMP, 460 p. 2006.

DUBIEL, P. E. 2015. Disponível em <<http://www.olheinfo.com>> Acesso em 27 dez.2015

EFING, A. C.;SOUZA. M. .D. O Comportamento do Consumidor sob Influência da Publicidade e a Garantia Constitucional da Dignidade Humana. **Revista de Direitos Fundamentais e Democracia**, Curitiba, v. 16, n. 16, p. 70-94, julho/dezembro de 2014.

ELIAS, L. D. P. **Disposição a pagar do consumidor por produtos diferenciados em Santa Catarina**. 63 f. Monografia Ciências Econômicas. UFSC da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2013.

FARNDEN, C. Stand density management diagrams for lodgepole pine, white spruce and interior Douglas-fir. Canadian Forest Service. **Pacific Forestry Centre. Information Report BC-X-360**. Canadá. 1996. 41 p.

FERRAZ FILHO, A. C. **Management of eucalyptus plantations for solid wood production**. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FONSECA, S. M.; OLIVEIRA, R. C.; SILVEIRA, P. N. Seleção da árvore industrial – procedimentos, riscos, custos e benefícios.**Revista Árvore**, v. 20,n. 1, 1996, p. 69-85

FOX, T. R. Sustained productivity in intensively managed. Forest plantations. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam. v. 138. N. 1-3p, p. 187-202

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

GOMES, C. C. M. **Inovação: um factor chave para a competitividade das organizações**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal. 2009.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; DELLA LUCIA, R. M.; SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009.

HOSOKAWA, R. T. Evolução Científica e Tecnológica do Manejo de Florestas

Equianeas. In III Simpósio Brasileiro de Pesquisa Florestal (3 : 1999 : Viçosa, MG). **Anais**. Viçosa. SIF; UFV, Dpto. de Engenharia Florestal, 1999, pág. 90-102

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Editora UFPR, 2008. 162 p.

HOSOKAWA, R. T., **Produção de madeira de *Pinus taeda* de qualidade superior**. Curitiba, 20 mar. 2013. Informação verbal.

IMAÑA ENCINAS, J.; SILVA, G. F.; TICCHETTI, I. **Variáveis dendrométricas**. Brasília: UNB, Departamento de Engenharia Florestal, 2002. 102 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores Conjunturais**. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso 15/03/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 mai. 2013.

JOSELEAU, J. P.; IMAI, T.; KURODA, K.; RUEL, K. Detection in situ and characterization of lignin in the G-layer of tension wood fibres of *Populus deltoids*. **Planta**, Berlin, v. 219, n. 2, p. 338-345, 2004.

JUNIOR, L. M. C.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 691-701, 2013.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag, 1968. v. 1.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 10ª Edição, 7ª reimpressão – Tradução Bazán Tecnologia e Linguística; revisão técnica Arão Sapiro. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KRONKA, F. J.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura. 2005.

LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J.E.; ARROIO, A. **Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro. Editora UFRJ e Contraponto.

LEMO, C. R. **Micro, pequenas e médias empresas no Brasil: novos requerimentos de políticas para a promoção de sistemas produtivos locais**. (Tese) Doutorado em Ciências, COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro. 2003

LOPES, D. P. T.; BARBOSA, A. C. Q. Inovação e competências: como esses conceitos são articulados em grandes organizações brasileiras. Simpósio de engenharia de produção. **Anais**. Bauru, SP, 2006.

MANCINI J. C. Mercado de Toras. **Proceedings of the Workshop de desbaste e poda em plantios florestais**. Colombo. Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal. 2011.

MANHIÇA, A. A.; DA ROCHA, M. P.; JUNIOR, R. T. Custos no Desdobro de *Pinus* spp. com Utilização de Modelos de Corte numa Serraria. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p.327-335. 2013.

MARTINEZ, J. R. L. T.; PEIXOTO, L. E. Diferenciação Informada: um Estudo sobre os Efeitos da Informação sobre a Disposição a Pagar. **SEGeT-Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, v. 8, 2011.

MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: IBDF, 1988. 56 p

MATTOS, J. F. C.; GASTAL, C. L.; CÂMARRA, L.; RANK, L.; EMEDIATO, L. G. **Manual de Inovação**. Brasília: MDC. 2008.

MOKFIENSKI, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. L.; CARVALHO, A. M. M. L. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. **Ciência Florestal**, v. 18, n.3, p. 401-413. 2008.

MÜLLER, B. V., DA ROCHA, M. P., CUNHA, A. B., KLITZKE, R. J., & NICOLETTI, M. F. Avaliação das Principais Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 535-542. 2014

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** 160 f (Tese) Doutorado em Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

NOCE, R.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R.; SOARES, T. S. Concentração das exportações no mercado internacional de madeira serrada. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p.431-437. 2005.

NUTTO, L.; SPATHELF, P. **Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal**. Apostila. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Departamento de Ciências Florestais. UFSM. 2000

NUTTO. L., **Propriedades da *Pinus taeda* influenciadas pelas técnicas de manejo florestal**. Curitiba, mar./ abr. /mai. 2013. Informação verbal.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

OLIVEIRA, E. B.; CARDOSO, D. J.; FRANCISCON, L. Silvicultura de precisão em unidades de manejo de plantações florestais. **Embrapa Florestas** - Capítulo em livro técnico-científico (ALICE), 2014.

OLIVEIRA, E. B. Softwares “SIS” para Manejo e Análise Econômica de Florestas Plantadas. 3º encontro Brasileiro de Silvicultura. **Anais**. 2014

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. AGENDA 21. Disponível em <<http://nacoesunidas.org/>> Acesso em 23/02/2015.

PEREIRA, D. E. D.; DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G.; PASQUALI, S. M. A relação guacil/siringila como critério de seleção de árvores e sua importância no processo de deslignificação. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DESLIGNIFICAÇÃO, 1. **Anais** ... Vitória: ABTCP, 1994, p. 21–31

PETRAUSKI, S. M. F. C.; MARQUES, G. M.; DA SILVA, M. L.; CORDEIRO, S. A.; SOARES, N. S. Competitividade do Brasil no mercado internacional de madeira serrada. **Cerne, Lavras**, v. 18, n. 1, p. 99-104. 2012.

REZENDE, A. C.; DA PAIXÃO, A. N.; DINIZ, B. P. C. Clusterização e localização da indústria de transformação no Brasil entre 1994 e 2009. Seminário de Desenvolvimento Regional, Estado e Sociedade. **Anais**. v.1, n. 1. 2012.

ROSS, R .J.; WILLITS, S.W.; SEGEN. W.N.; BLACK, T.; BRASHAW, B; PELLERIN, R. F. A stress wave based approach to nde of logs for assessing potential veneer quality. Part 1. Small-diameter ponderosa pine. **Forest Products Journal**. 1999; 49 (11/12): 60-62

SABATUCCI, M. A. C.; TEIXEIRA, H. A. A Percepção do Consumidor Sobre as Estratégias da Unilever Orientadas à Preservação do Ambiente. **Revista de Administração do Unisal**, v. 3, n. 4. 2013

SABBAGHI, M. A.; MAHAMMADI, A.. Estimation of the willingness to pay (WTP) for organic vegetables in Ahwaz city. **Journal Advances in Environmental Biology**, Aman, v. 7 n. 1 p. 32-39, 2013

SAMBIASE, M. F.; FRANKLIN, M. A.; TEIXEIRA, J. A. Inovação para o Desenvolvimento Sustentável como Fator de Competitividade para as Organizações: Um Estudo de Caso Duratex. **Revista de Administração e Inovação-RAI**, v. 10, n. 2, 2013.

SANTOS, R. D. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. 173 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010

SARKAR, S. **Empreendedorismo e Inovação**. 2ª Ed. Lisboa: Escolar Editora. 2010.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008 a.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, credito, juro e o ciclo econômico**. 3.ed. São Paulo: Nova Cultural. 1988.

SEBRAE, 2013. Disponível em <<http://www.sebraesp.com.br>>. Acesso em 27 dez. 2015

SENATORE, M. Disponível em <<http://www.administradores.com.br>> Acesso em 27 dez. 2015

SENGE, P. M.; CARSTEDT, G.; PORTER, P. L. Next industrial revolution. **MIT Sloan management review**, 2001.

SILVA, M. E. Consumo Sustentável: A Articulação de um constructo sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável. **Revista Eletrônica da Ciência Administrativa - RECADM**, v. 11, n.22, p. 217-232. 2012.

SIQUEIRA, K. P. **Variabilidade da massa específica de Pinus taeda L. em diferentes classes de sítio**. 2004. 43 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

STCP, 2012. Disponível em <<http://www.abraf.com.br>>. Acesso em 27 dez. 2015

TREVISAN, R.; DENARDI, E.; HASELEIN, C. R.; CARON, B. O. Variação axial e efeito do desbaste na massa específica das árvores centrais de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p.312-318. 2012

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K.. **Gestão da Inovação**. 3ª edição. Artmed Editora, 2008.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da inovação**. 5ª edição. Bookman Editora, 2015.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de Pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 553 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

VETTORAZZI, C. A.; COUTO, H. D.; FERRAZ, S.; POMPERMAYER NETO, P. Videografia aérea como fonte de dados para a tomada de decisões em agricultura. **O Estado da arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba, p. 197-200, 2000.

VIEIRA, F. R.; BARBOSA, C. J. O Método de Valoração Contingente (MAC): Uma abordagem teórica. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15; p. 2492-2510. 2012

VON ZUBEN, D. L. **Desenvolvimento de processo de fabricação por vergamento de madeira maciça**. 2010. 46 f. Monografia (Engenharia Mecânica) – Universidade São Francisco, Campinas, 2010

VORREITER, L. **Holz technologisches handbuch**. München: Verlag Georg Fromme & CQ, 195

WANG, X.; ROSS, R. J.; MCCLELLAN, M.; BARBOUR, R.J.; ERICKSON, J. R.; FORSMAN, J. W.; MCGINNIS, G. D. Non destructive evaluation of standing trees with a stress wave method. **Wood and Fiber Science**, v. 33, n. 4, p. 522-533, 2001

WASHUSEN, R.; BAKER, T.; MENZ, D.; MORROW, A. Effect of thinning and fertilizer on the cellulose crystallite width of Eucalyptus globulus. **Wood Science and Technology**, v. 39, n.7, p.569-578. 2005

WERNKE, R. Custeio baseado em atividades (ABC) aplicado aos processos de compra e venda de distribuidora de mercadorias. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 16, n. 38, p. 74-89, 2005.

YODA, K.; KIRA, T., OSAWA, H.; HOZUMI, K., Self-thinning in over crowded pure stands under cultivated and natural conditions. **Jor. Biol. Osaka City Univ.**, n. 14, p. 107-129, 1963.

ZANONI, C. R. **O mercado de gastronomia de São Paulo: Maximização de valor na gastronomia: O caso de restaurantes de alto padrão em São Paulo**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas)-Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2012

## **7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**



## 7.1 CONCLUSÕES

A partir de um banco de dados de ANATRO de povoamentos sob densidade completa, associado a outro banco de dados de povoamentos estocados onde foi aplicada a Equação de Reineke, foi possível levantar as variáveis dendrométricas e manejo florestal dos povoamentos estudados. Com base nestes resultados e na bibliografia existente foi possível simular o manejo de povoamentos de *Pinus taeda* L. com crescimento homogêneo e uniforme, a partir da máxima capacidade produtiva naquele sítio estudado. Em outras situações é necessário que se faça todo um levantamento da capacidade produtiva local antes de implementar esta metodologia.

A produção de madeira de *Pinus taeda* L. sob regime de manejo intensivo é viável economicamente, apresentando uma TIR de 8,85%, considerando uma TMA de 7%. No sítio estudado o ciclo de produção foi de 30 anos com oito desbastes e 3 podas. Se o investimento para produção de madeira com estas características sofrer valorização pela adoção do programa de podas, se torna mais atraente economicamente sendo que a TIR pode chegar a 13,48% e o VPL em R\$18.098,99. Esta estimativa desconsidera a possível maior valorização da madeira produzida por seu diferencial de melhor trabalhabilidade e maior capacidade de carga pela uniformidade e homogeneidade do anéis de crescimento.

A madeira de *Pinus taeda* L. produzida em regime intensivo proporciona uniformidade e homogeneidade nos anéis anuais. A uniformidade na distribuição dos anéis anuais, associado ao aumento do número de anéis por peça, proporciona expressiva melhoria nas propriedades mecânicas de resistência e rigidez, sendo que nesta simulação, apresentou resultados para compressão paralela às fibras superiores aos valores paramétricos segundo NBR7190 citada para *Pinus taeda* e superiores para flexão segundo a literatura citada. Se comparada a algumas espécies de eucalito, também superiores, tornando-a apropriada para uso em estruturas de madeira e no caso de fabricação de móveis, a redução das dimensões das peças.

Apesar da tendência de manejo atual visar a rotação de 16 anos, sem podas e sem desbastes, o regime de manejo aqui estudado se coloca como uma alternativa aos produtos de mercado (toras de pequenos diâmetros, com nós) pela maior qualidade, e possível valorização da madeira produzida. Sob o regime de manejo estudado a madeira produzida pode alcançar valor de mercado superior às simulações feitas, uma vez que agrega características como: fácil trabalhabilidade, estabilidade dimensional, maior capacidade estrutural e melhor aspecto visual.

As inovações tecnológicas proporcionadas pelo presente estudo são baseadas na melhoria das propriedades físicas e mecânicas da madeira que ocorre pelo manejo intensivo, fundamentado nas informações de capacidade produtiva qualitativa e quantitativa do sítio.

O uso do conhecimento científico consagrado da ciência no manejo de povoamentos, uma aplicado, gera inovação tecnológica no crescimento e produção florestal. Produtos originados neste tipo de manejo apresentam características diferenciadas de qualidade e podem significar vantagem competitiva no mercado pela pré-definição da qualidade dos produtos originados na floresta.

Regimes de manejo intensivos podem proporcionar aumento de rendimento no processamento industrial da madeira. A madeira produzida por florestas plantadas sob manejo intensivo são de qualidade superior. Além deste aspecto, podem apresentar, pela certificação florestal, características de sustentabilidade, o que a torna mais atraente ao consumidor, pois este está disposto a reconhecer os valores sob os quais foi produzido, pagando mais por isto.

As inovações tecnológicas proporcionadas pelo presente estudo são baseadas na melhoria das propriedades físicas e mecânicas da madeira que ocorre pelo manejo intensivo, fundamentado nas informações de capacidade produtiva qualitativa e quantitativa do sítio. Esta fundamentação hoje ocorre somente para o aspecto quantitativo da produção. Abre-se a possibilidade da produção qualitativa baseada no conjunto de informações que o povoamento oferece após os desbastes especificamente, os incrementos periódicos entre os desbastes.

Foi demonstrado que é possível trabalhar de forma integrada: manejadores e tecnólogos da madeira para se chegar a um produto que atenda as demandas, estabelecendo regimes de manejo florestal a partir de informações do tipo de peça de madeira serrada, suas dimensões e a capacidade de carga solicitada pelo consumidor para compressão paralela às fibras e flexão estática.

## 7.2 CONSIDERAÇÕES

Nos Capítulos que antecederam a este, foi exaustivamente abordada a questão da baixa qualidade da madeira de povoamentos florestais de *Pinus taeda* L. no Brasil. Esta sistemática se dá por dois aspectos principais:

1. A questão cultural do manejo de florestas de Pinus no Brasil: o manejo considerando a máxima produção biológica do sítio dilui os custos do projeto na sua máxima produção de madeira, portanto o custo/volume produzido é o menor possível;
2. A insegurança no empresariado em adotar regimes de manejo com inovações.

As empresas que compõem o segmento de madeira serrada e laminada no Brasil, não consideram o uso de madeira de *Pinus taeda* L. para fins mais nobres.

Por outro lado, o segmento de móveis e decoração, é hoje abastecido pelas indústrias de chapas de fibras, que tem colocado no mercado, produtos substitutos à madeira maciça: OSB, MDF e MDP a custos de transformação da matéria-prima que poderiam ser menores.

Considerando o comportamento de mercado, a demanda sempre se comportará de forma segmentada, de acordo com as classes sócio-econômicas da população. Sempre haverá demanda de madeira para cada classe de poder aquisitivo.

À medida que a demanda por madeira reflorestada de qualidade vai aumentando, também os preços tendem a aumentar, até atingir o ponto de equilíbrio de mercado, entre as quantidades ofertadas e o preço que o consumidor estará disposto a pagar; este preço poderá atingir um patamar com valorização de 100% ou mais sobre os preços atuais.

Assim, estabelecido este novo mercado para madeiras de Pinus, abre-se ainda outra possibilidade, bastante usual na Europa: a venda de madeira com características mecânicas previamente levantadas e informadas ao consumidor, de tal forma que os

preços podem variar de acordo com a capacidade estrutural da peça de madeira, demonstradas pelas equações de regressão apresentadas na presente pesquisa.

Se o produtor florestal estiver atento ao comportamento do mercado, às novas demandas, aos nichos de mercado, ele pode estar preparado a ocupá-los, maximizando a produção nos sítios florestais e aumentando a renda pela diversificação da produção: madeira com as características atuais e madeira com características físicas e mecânicas superiores.

**APÊNDICE 1- LEVANTAMENTO DE CUSTOS DA PODA**

Para a composição dos custos das podas foram informados os seguintes parâmetros:

- Equipe: 30 homens;
- Dias trabalhados no mês: até 20;
- Vida Útil dos EPI's: 60 dias;
- Vida útil das ferramentas: 90 dias;
- Percentual dos Encargos Sociais sobre o salário: 110%;



<b>Rendimento Operacional</b>				
Poda	nº árv pod/ha	Rendimento (Nº árv/dia)	Rendimento (H.dia/ha)	Rendimento (H/dia)
1ª	800	386	2,07	0,48
2ª	500	536	0,93	1,07
3ª	500	483	1,04	0,97
<b>Custos Adm</b>				
ADM + CERT /ha				
1º	2º	3º		
R\$ 114,50	R\$ 115,50	R\$ 115,50		
<b>Custos (outros)</b>				
CUSTOS DE TRANSPORTE (1)				
PODA	1º	2º	3º	
TRANSP/DIA	R\$ 5,50	R\$ 5,50	R\$ 5,50	
TRANSP/há	R\$ 11,40	R\$ 5,12	R\$ 5,69	
CUSTO DA MÃO-DE-OBRA (3)				
PODA	1º	2º	3º	
M-D-O/DIA	R\$ 39,90	R\$ 39,90	R\$ 39,90	
M-D-O/há	R\$ 82,69	R\$ 37,11	R\$ 41,30	
CUSTO EQUIPAMENTOS+FERRAMENTAS (2)				
PODA	1º	2º	3º	
(EQ+FER)/DIA	R\$ 4,60	R\$ 8,04	R\$ 8,04	
(EQ+FER)/há	R\$ 9,53	R\$ 7,48	R\$ 8,33	
<b>CUSTO - TOTAL</b>				
CUSTO TOTAL 2009				
PODA	1º	2º	3º	
DIA	R\$ 55,25	R\$ 107,42	R\$ 119,57	
há	R\$ 218,12	R\$ 165,20	R\$ 170,82	
Árvore	R\$ 0,27	R\$ 0,33	R\$ 0,34	
CUSTO TOTAL ATUALIZADO (2009-2013)				
PODA	1º	2º	3º	
DIA	R\$ 58,51	R\$ 111,41	R\$ 126,63	
há	R\$ 231,01	R\$ 174,97	R\$ 180,92	
Árvore	R\$ 0,29	R\$ 0,35	R\$ 0,36	



## APÊNDICE 2 – SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO E SORTIMENTOS

**SisPinus**

### TABELA DE PRODUÇÃO (Pinus taeda)

Descrição: Fazenda Tese Tratamento 1

Índice de Sítio: 22,0

Densidade (árvores por hectare): 1667

Porcentagem de sobrevivência: 95 %

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
1	0,6	1584	0,2	0,4	0,0	21,3	21,3	21,3
2	2,6	1584	2,4	2,2	0,7	12,7	6,3	-8,6
3	4,9	1584	6,0	4,2	4,4	17,0	5,7	4,4
4	7,1	1584	9,3	6,2	10,7	40,4	10,1	23,4
5	9,1	1583	12,0	8,0	18,0	78,7	15,7	38,3
6	10,9	1582	14,3	9,7	25,3	126,4	21,1	47,8
7	12,6	1579	16,1	11,1	32,3	179,5	25,6	53,1
8	14,1	1574	17,7	12,5	38,6	235,0	29,4	55,5

O povoamento foi desbastado pela remoção de 1 em cada 7 linhas e, depois,

O povoamento foi desbastado pela remoção de 761 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
9	15,7	588	21,2	14,6	20,7	141,7	29,5	30,7
10	17,0	588	22,9	15,7	24,1	174,8	29,9	33,1
11	18,2	587	24,3	16,8	27,3	207,4	30,1	32,6

O povoamento foi desbastado pela remoção de 94 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
12	19,5	493	27,0	18,3	28,1	227,0	31,3	44,6
13	20,5	492	28,2	19,2	30,7	257,6	31,3	30,5

O povoamento foi desbastado pela remoção de 73 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
14	21,7	419	30,2	20,6	30,0	265,2	31,7	37,8
15	22,6	419	31,3	21,4	32,3	293,9	31,5	28,7
16	23,5	418	32,3	22,2	34,3	321,7	31,3	27,9

O povoamento foi desbastado pela remoção de 47 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
17	24,6	371	34,1	23,4	33,8	330,5	31,7	37,4
18	25,4	370	35,0	24,2	35,7	356,9	31,4	26,4

O povoamento foi desbastado pela remoção de 39 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
19	26,4	331	36,5	25,3	34,7	360,1	31,5	34,1
20	27,2	330	37,4	26,0	36,3	385,3	31,2	25,2
21	27,9	330	38,2	26,7	37,9	409,7	30,9	24,4
22	28,6	330	39,0	27,3	39,3	433,5	30,6	23,8

O povoamento foi desbastado pela remoção de 35 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
23	29,6	295	40,3	28,4	37,5	427,0	30,6	30,9
24	30,2	294	41,0	29,0	38,8	449,6	30,2	22,6
25	30,9	294	41,6	29,6	40,1	471,7	29,9	22,1

O povoamento foi desbastado pela remoção de 30 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
26	31,7	264	42,7	30,7	37,8	457,5	29,8	26,5
27	32,3	263	43,4	31,3	38,9	478,6	29,5	21,0
28	32,9	263	44,0	31,8	40,0	499,1	29,1	20,6

O povoamento foi desbastado pela remoção de 19 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
29	33,7	244	44,9	32,7	38,7	493,1	29,0	25,3
30	34,3	243	45,5	33,2	39,6	512,3	28,7	19,3

Equação de Sítio: Embrapa

Equação de Volume: Embrapa

Equação de Sortimento: Embrapa

## DESBASTES

Idade	Volume Removido	Volume Remanescente
8	124,0	111,0
11	25,0	182,4
13	30,1	227,5
16	28,6	293,2
18	30,9	326,0
22	37,4	396,1
25	40,7	431,0
28	31,3	467,8

## PRODUÇÕES

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (8 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total				Celulose	Energia
8,0-10,0	1	9,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10,0-12,0	21	10,6	1,5	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4
12,0-14,0	106	11,2	10,7	0,0	0,0	0,0	7,7	2,1
14,0-16,0	290	11,7	39,2	0,0	0,0	0,0	32,8	3,1
16,0-18,0	362	12,2	30,7	0,0	0,0	0,0	28,1	1,5
18,0-20,0	156	12,0	30,4	0,0	0,0	0,0	28,1	1,4
20,0-22,0	45	12,9	10,1	0,0	0,0	2,6	6,7	0,4
22,0-24,0	5	13,8	1,2	0,0	0,0	0,5	0,7	0,0
<b>Totais</b>		<b>12,5</b>	<b>124,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,1</b>	<b>105,1</b>	<b>8,9</b>

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (11 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
18,0-20,0	9	15,7	3,2	0,0	0,0	0,0	3,0	0,1
20,0-22,0	56	16,3	7,1	0,0	0,0	2,4	4,4	0,2
22,0-24,0	20	14,5	9,2	0,0	0,0	3,4	5,3	0,3
24,0-26,0	8	14,6	4,3	0,0	0,0	2,7	1,5	0,1
26,0-28,0	2	14,8	1,1	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0

<b>Totais</b>	<b>15,5</b>	<b>25,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>9,3</b>	<b>14,6</b>	<b>0,6</b>
---------------	-------------	-------------	------------	------------	------------	-------------	------------

### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (13 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
22,0–24,0	9	18,2	5,5	0,0	0,0	2,9	2,3	0,2
24,0–26,0	43	18,8	7,9	0,0	0,0	5,6	2,1	0,2
26,0–28,0	14	17,0	10,5	0,0	0,0	7,8	2,5	0,0
28,0–30,0	6	17,1	4,7	0,0	1,6	2,0	1,1	0,1
30,0–32,0	1	17,2	1,3	0,0	0,4	0,7	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>17,9</b>	<b>30,1</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>19,0</b>	<b>8,1</b>	<b>0,5</b>

### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (16 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
26,0–28,0	7	21,1	6,6	0,0	1,8	3,4	1,3	0,1
28,0–30,0	27	21,7	7,4	0,0	2,0	3,7	1,6	0,1
30,0–32,0	9	20,0	9,5	0,0	4,7	2,9	1,7	0,1
32,0–34,0	3	20,0	3,9	0,0	2,0	1,2	0,7	0,0
34,0–36,0	1	20,1	1,0	0,0	0,7	0,2	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>20,7</b>	<b>28,6</b>	<b>0,0</b>	<b>11,2</b>	<b>11,4</b>	<b>5,3</b>	<b>0,3</b>

### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (18 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
30,0–32,0	24	23,4	8,9	0,0	4,0	3,5	1,3	0,1
32,0–34,0	10	22,0	14,0	0,0	8,8	3,3	1,8	0,0
34,0–36,0	4	22,1	6,0	1,0	3,3	1,2	0,5	0,0
36,0–38,0	1	22,1	1,6	0,3	0,9	0,3	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>22,6</b>	<b>30,9</b>	<b>1,2</b>	<b>16,9</b>	<b>8,4</b>	<b>3,7</b>	<b>0,1</b>

### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (22 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
34,0–36,0	23	26,6	13,7	1,8	6,7	3,8	1,2	0,1
36,0–38,0	8	25,1	15,6	2,2	9,7	2,5	1,0	0,1
38,0–40,0	3	25,2	6,1	1,6	3,4	0,5	0,6	0,0
40,0–42,0	1	25,2	1,6	0,6	0,6	0,2	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>25,6</b>	<b>37,4</b>	<b>6,2</b>	<b>20,3</b>	<b>7,1</b>	<b>2,9</b>	<b>0,2</b>

### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (25 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
36,0–38,0	4	28,1	9,7	2,3	5,1	1,4	0,8	0,0
38,0–40,0	20	29,2	16,0	5,2	7,5	2,1	1,1	0,1
40,0–42,0	5	27,5	11,3	4,9	4,0	1,6	0,8	0,0
42,0–44,0	1	27,5	3,0	1,5	1,0	0,4	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>27,9</b>	<b>40,7</b>	<b>13,9</b>	<b>17,6</b>	<b>5,5</b>	<b>2,7</b>	<b>0,1</b>

### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (28 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
40,0–42,0	14	31,2	14,2	5,5	6,0	1,7	0,9	0,1
42,0–44,0	4	29,6	13,1	6,3	5,1	0,7	0,9	0,0
44,0–46,0	1	29,6	3,3	1,8	0,9	0,4	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>29,9</b>	<b>31,3</b>	<b>13,6</b>	<b>12,1</b>	<b>2,8</b>	<b>1,9</b>	<b>0,1</b>

## SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO CORTE FINAL (30 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
42,0-44,0	51	32,6	96,7	49,6	33,9	8,9	3,6	0,4
44,0-46,0	114	33,2	234,7	133,3	75,1	10,9	13,7	1,4
46,0-48,0	55	33,5	122,2	75,9	29,1	11,3	5,4	0,3
48,0-50,0	18	33,7	43,6	29,3	9,5	3,4	1,3	0,1
50,0-52,0	5	33,9	12,3	8,8	2,4	0,5	0,5	0,0
52,0-54,0	1	34,1	2,6	2,0	0,4	0,1	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>33,2</b>	<b>512,3</b>	<b>298,9</b>	<b>150,4</b>	<b>35,0</b>	<b>24,6</b>	<b>2,2</b>

**SisPinus****TABELA DE PRODUÇÃO (Pinus taeda)**

Descrição: Fazenda Tese Tratamento 2

Índice de Sítio: 22,0

Densidade (árvores por hectare): 1667

Porcentagem de sobrevivência: 95 %

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
1	0,6	1584	0,2	0,4	0,0	21,3	21,3	21,3
2	2,6	1584	2,4	2,2	0,7	12,7	6,3	-8,6
3	4,9	1584	6,0	4,2	4,4	17,0	5,7	4,4
4	7,1	1584	9,3	6,2	10,7	40,4	10,1	23,4
5	9,1	1583	12,0	8,0	18,0	78,7	15,7	38,3
6	10,9	1582	14,3	9,7	25,3	126,4	21,1	47,8
7	12,6	1579	16,1	11,1	32,3	179,5	25,6	53,1
8	14,1	1574	17,7	12,5	38,6	235,0	29,4	55,5
9	15,5	1567	19,0	13,7	44,3	291,0	32,3	56,0
10	16,8	1557	20,1	14,8	49,5	346,0	34,6	55,0
11	18,0	1544	21,1	15,9	54,0	399,1	36,3	53,1

O povoamento foi desbastado pela remoção de 1205 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
12	19,4	339	25,0	18,6	16,7	138,7	34,6	15,8
13	20,5	339	27,1	19,5	19,5	167,7	34,2	29,0
14	21,5	339	28,7	20,4	21,9	194,2	33,6	26,4
15	22,4	339	30,1	21,3	24,0	219,6	33,1	25,4
16	23,3	339	31,3	22,1	26,0	244,3	32,5	24,8
17	24,2	338	32,4	22,9	27,9	268,7	32,1	24,3

O povoamento foi desbastado pela remoção de 89 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
18	25,3	249	36,0	24,5	25,4	255,7	32,8	44,8
19	26,1	249	37,1	25,2	27,0	277,7	32,2	22,1
20	26,9	249	38,2	25,9	28,5	299,3	31,7	21,6
21	27,6	249	39,1	26,6	29,9	320,5	31,2	21,1
22	28,3	248	40,0	27,2	31,2	341,2	30,7	20,8

O povoamento foi desbastado pela remoção de 57 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
23	29,5	191	42,6	28,9	27,2	311,1	30,9	35,5
24	30,2	191	43,5	29,5	28,3	329,2	30,4	18,0
25	30,8	191	44,2	30,1	29,3	346,7	29,9	17,5

O povoamento foi desbastado pela remoção de 15 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
26	31,9	176	46,0	31,3	29,2	355,7	29,9	31,5
27	32,5	176	46,7	31,9	30,1	371,9	29,4	16,2
28	33,1	176	47,3	32,5	30,9	387,8	28,9	15,8

O povoamento foi desbastado pela remoção de 13 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
29	34,1	163	48,5	33,6	30,1	387,7	28,8	24,1
30	34,6	163	49,0	34,1	30,8	402,4	28,3	14,7

O povoamento foi desbastado pela remoção de 7 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
31	35,5	156	49,9	35,1	30,5	408,5	28,0	21,0
32	36,1	156	50,4	35,6	31,1	422,3	27,6	13,7

Equação de Sítio: Embrapa

Equação de Volume: Embrapa

Equação de Sortimento: Embrapa

## DESBASTES

Idade	Volume Removido	Volume Remanescente
11	276,2	122,9
17	57,8	210,9
22	65,6	275,7
25	22,5	324,2
28	24,1	363,6
30	14,8	387,6

## PRODUÇÕES

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (11 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
10,0–12,0	1	12,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
12,0–14,0	15	13,5	1,7	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
14,0–16,0	67	14,1	10,5	0,0	0,0	0,0	8,9	1,1
16,0–18,0	177	14,7	35,9	0,0	0,0	0,0	32,9	1,5
18,0–20,0	315	15,2	80,7	0,0	0,0	0,0	77,1	2,1
20,0–22,0	395	15,7	124,6	0,0	0,0	43,6	77,1	0,0
22,0–24,0	177	16,2	-1,7	0,0	0,0	-1,0	-0,6	0,0
24,0–26,0	52	15,8	21,8	0,0	0,0	13,0	7,8	0,6
26,0–28,0	5	16,5	2,6	0,0	0,0	2,0	0,5	0,1
<b>Totais</b>		<b>16,4</b>	<b>276,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>57,6</b>	<b>205,1</b>	<b>5,6</b>

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (17 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
26,0–28,0	15	22,1	13,4	0,0	3,5	6,6	3,0	0,1
28,0–30,0	44	22,5	9,5	0,0	2,5	4,6	2,2	0,1
30,0–32,0	16	20,6	17,7	0,0	8,7	5,4	3,3	0,2
32,0–34,0	9	20,7	11,0	0,0	5,4	4,5	1,1	0,1
34,0–36,0	3	20,8	4,6	0,8	1,9	1,2	0,6	0,0
36,0–38,0	1	21,0	1,2	0,2	0,7	0,2	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>21,6</b>	<b>57,8</b>	<b>1,0</b>	<b>22,6</b>	<b>22,6</b>	<b>10,2</b>	<b>0,6</b>

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (22 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
32,0–34,0	1	26,0	1,7	0,0	0,9	0,5	0,2	0,0
34,0–36,0	19	26,6	31,5	4,2	15,3	8,9	2,8	0,2
36,0–38,0	23	27,0	1,6	0,4	0,7	0,4	0,1	0,0
38,0–40,0	9	25,1	17,5	4,6	9,7	1,4	1,7	0,1

40,0–42,0	4	25,2	9,1	3,3	3,7	1,4	0,6	0,0
42,0–44,0	1	25,3	3,3	1,5	1,2	0,4	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>25,8</b>	<b>65,6</b>	<b>14,0</b>	<b>31,6</b>	<b>13,0</b>	<b>5,5</b>	<b>0,3</b>

#### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (25 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
38,0–40,0	3	29,0	6,6	2,2	3,1	0,9	0,4	0,0
40,0–42,0	9	29,7	5,6	2,2	2,4	0,6	0,3	0,0
42,0–44,0	3	28,1	7,1	3,6	2,3	0,9	0,3	0,0
44,0–46,0	1	28,1	2,5	1,4	0,7	0,1	0,2	0,0
<b>Totais</b>		<b>28,5</b>	<b>22,5</b>	<b>9,4</b>	<b>8,5</b>	<b>2,5</b>	<b>1,2</b>	<b>0,1</b>

#### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (28 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
42,0–44,0	7	31,8	4,8	2,2	1,9	0,5	0,2	0,0
44,0–46,0	3	30,4	11,0	5,9	3,2	1,2	0,6	0,0
46,0–48,0	2	30,4	5,8	3,5	1,5	0,5	0,2	0,0
<b>Totais</b>		<b>30,7</b>	<b>24,1</b>	<b>11,6</b>	<b>6,5</b>	<b>2,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,1</b>

#### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (30 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
44,0–46,0	4	33,1	1,8	1,0	0,6	0,1	0,1	0,0
46,0–48,0	2	32,0	8,3	5,4	2,0	0,7	0,3	0,0
48,0–50,0	1	32,0	3,5	2,4	0,7	0,1	0,2	0,0
<b>Totais</b>		<b>32,2</b>	<b>14,8</b>	<b>8,8</b>	<b>3,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>

#### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO CORTE FINAL (32 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
46,0–48,0	9	34,5	21,9	14,5	4,8	1,8	0,8	0,0
48,0–50,0	69	35,5	175,8	122,5	34,9	12,6	4,9	0,5
50,0–52,0	48	35,8	133,9	98,8	24,0	4,8	5,7	0,3
52,0–54,0	20	36,0	60,7	47,1	9,7	1,8	1,9	0,0
54,0–56,0	7	36,2	22,1	17,9	2,3	1,3	0,4	0,0
56,0–58,0	2	36,3	6,4	5,4	0,6	0,2	0,2	0,0
<b>Totais</b>		<b>35,6</b>	<b>422,3</b>	<b>306,2</b>	<b>76,3</b>	<b>22,5</b>	<b>14,0</b>	<b>0,9</b>

## SisPinus

## TABELA DE PRODUÇÃO (Pinus taeda)

Descrição: Fazenda Tese Tratamento 3

Índice de Sítio: 22,0

Densidade (árvores por hectare): 1667

Porcentagem de sobrevivência: 95 %

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
1	0,6	1584	0,2	0,4	0,0	21,3	21,3	21,3
2	2,6	1584	2,4	2,2	0,7	12,7	6,3	-8,6
3	4,9	1584	6,0	4,2	4,4	17,0	5,7	4,4
4	7,1	1584	9,3	6,2	10,7	40,4	10,1	23,4
5	9,1	1583	12,0	8,0	18,0	78,7	15,7	38,3
6	10,9	1582	14,3	9,7	25,3	126,4	21,1	47,8
7	12,6	1579	16,1	11,1	32,3	179,5	25,6	53,1
8	14,1	1574	17,7	12,5	38,6	235,0	29,4	55,5
9	15,5	1567	19,0	13,7	44,3	291,0	32,3	56,0
10	16,8	1557	20,1	14,8	49,5	346,0	34,6	55,0
11	18,0	1544	21,1	15,9	54,0	399,1	36,3	53,1

O povoamento foi desbastado pela remoção de 827 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
12	19,6	715	24,0	18,0	32,4	264,4	36,0	32,6
13	20,7	713	25,2	19,0	35,5	301,2	36,0	36,9
14	21,7	710	26,2	19,8	38,3	336,3	36,0	35,1
15	22,6	707	27,1	20,7	40,7	369,9	35,8	33,6
16	23,5	704	27,9	21,5	43,0	402,2	35,6	32,3
17	24,4	700	28,6	22,2	45,0	433,2	35,3	31,0
18	25,2	696	29,3	22,9	46,9	463,1	35,0	29,8

O povoamento foi desbastado pela remoção de 288 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
19	26,0	407	31,2	24,7	31,1	325,9	34,2	19,5
20	26,8	407	32,1	25,4	33,0	352,5	33,8	26,6
21	27,5	406	33,0	26,0	34,7	377,9	33,4	25,4
22	28,3	405	33,7	26,7	36,3	402,4	33,0	24,5
23	29,0	404	34,4	27,3	37,7	426,1	32,6	23,8
24	29,6	404	35,1	27,9	39,1	449,3	32,2	23,1
25	30,3	403	35,7	28,5	40,3	471,8	31,8	22,6

O povoamento foi desbastado pela remoção de 58 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
26	31,0	344	37,5	29,6	38,0	456,8	32,1	39,4
27	31,7	343	38,1	30,2	39,1	477,4	31,7	20,6
28	32,3	343	38,6	30,7	40,2	497,5	31,3	20,1
29	32,9	342	39,2	31,3	41,2	517,1	30,9	19,6
30	33,5	341	39,7	31,8	42,1	536,2	30,5	19,1
31	34,0	340	40,1	32,3	43,0	554,8	30,1	18,6

O povoamento foi desbastado pela remoção de 62 Árvores.

Idade	Alt. Dominante	Árvores / ha	Diâmetro médio	Alt. média	Área Basal	Volume Total	I.M.A.	I.C.A.
-------	----------------	--------------	----------------	------------	------------	--------------	--------	--------



32	34,7	277	40,9	33,4	36,4	483,8	29,6	12,9
33	35,3	277	41,4	34,0	37,2	501,4	29,2	17,6
34	35,8	276	41,9	34,5	38,0	518,6	28,8	17,2
35	36,3	276	42,3	35,0	38,8	535,3	28,5	16,7
36	36,8	275	42,8	35,5	39,5	551,5	28,2	16,2

Equação de Sítio: Embrapa

Equação de Volume: Embrapa

Equação de Sortimento: Embrapa

## DESBASTES

Idade	Volume Removido	Volume Remanescente
11	167,3	231,8
18	156,6	306,4
25	54,4	417,4
31	83,9	470,9

## PRODUÇÕES

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (11 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
10,0–12,0	1	12,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
12,0–14,0	15	13,5	1,9	0,0	0,0	0,0	1,5	0,3
14,0–16,0	67	14,1	11,4	0,0	0,0	0,0	9,8	1,2
16,0–18,0	177	14,7	39,3	0,0	0,0	0,0	36,0	1,7
18,0–20,0	315	15,2	88,2	0,0	0,0	0,0	84,3	2,3
20,0–22,0	165	15,7	7,5	0,0	0,0	2,6	4,6	0,0
22,0–24,0	70	14,3	26,3	0,0	0,0	10,0	15,2	0,7
24,0–26,0	16	15,0	6,9	0,0	0,0	4,3	2,4	0,1
26,0–28,0	1	15,7	0,6	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>15,6</b>	<b>167,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>12,1</b>	<b>144,7</b>	<b>6,4</b>

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (18 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
22,0–24,0	7	21,2	4,5	0,0	0,0	2,2	2,2	0,1
24,0–26,0	85	22,1	60,0	0,0	0,0	37,6	20,7	0,8
26,0–28,0	125	22,6	25,3	0,0	6,5	12,4	5,8	0,3
28,0–30,0	44	20,5	39,1	0,0	11,0	20,1	7,2	0,5
30,0–32,0	20	20,8	19,6	0,0	9,5	5,9	3,7	0,3
32,0–34,0	6	21,1	6,6	0,0	3,2	2,7	0,7	0,1
34,0–36,0	1	21,5	1,3	0,2	0,7	0,2	0,2	0,0
<b>Totais</b>		<b>21,9</b>	<b>156,6</b>	<b>0,2</b>	<b>30,9</b>	<b>81,1</b>	<b>40,6</b>	<b>2,0</b>

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (25 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
30,0–32,0	20	27,3	28,7	0,0	15,4	9,0	3,9	0,2
32,0–34,0	28	28,1	7,3	0,0	3,9	2,3	1,1	0,1
34,0–36,0	8	26,1	13,2	1,8	6,5	3,7	1,1	0,0
36,0–38,0	2	26,1	4,1	1,0	1,8	0,8	0,4	0,0
<b>Totais</b>		<b>26,6</b>	<b>54,4</b>	<b>2,8</b>	<b>27,6</b>	<b>15,8</b>	<b>6,6</b>	<b>0,3</b>

SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO DESBASTE (31 ANOS).

Diâmetros	Árv./Ha	Altura média	Volume total	Laminação	Serraria I	Serraria II	Celulose	Energia
-----------	---------	--------------	--------------	-----------	------------	-------------	----------	---------

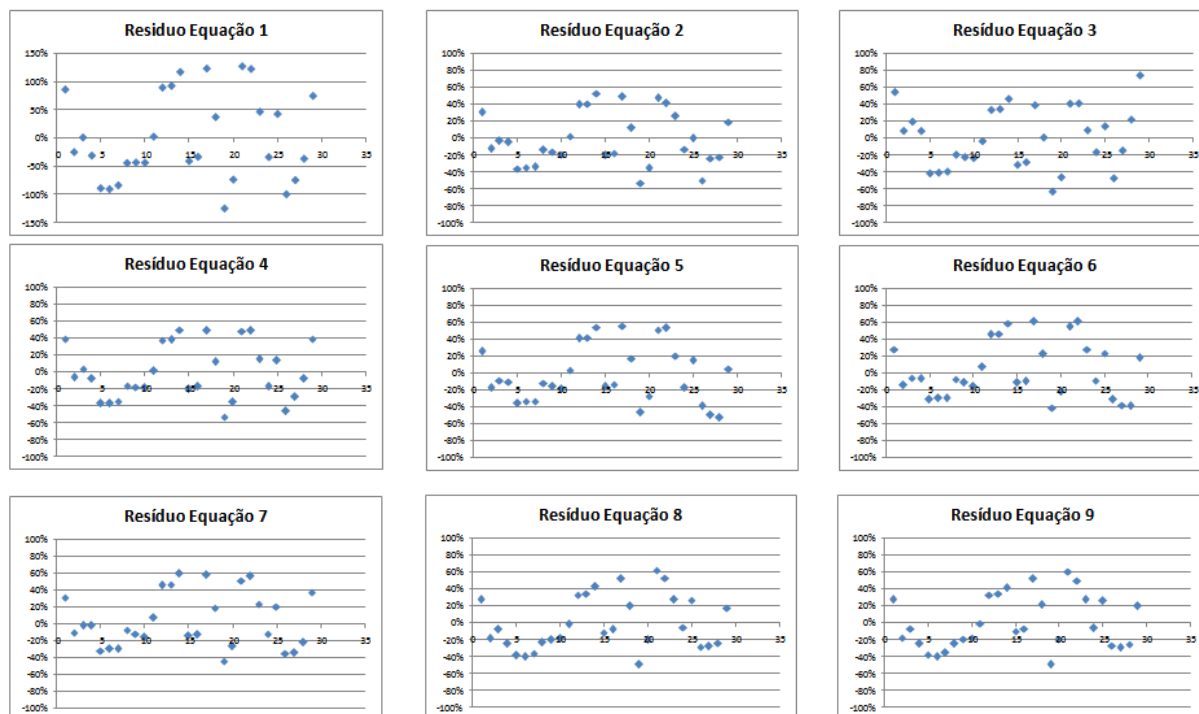
34,0–36,0	8	30,7	16,0	1,9	8,8	3,7	1,4	0,2
36,0–38,0	39	31,7	31,8	6,8	15,6	6,7	2,3	0,2
38,0–40,0	11	29,8	24,9	7,9	11,6	3,3	1,8	0,1
40,0–42,0	3	29,9	8,7	3,5	3,7	1,0	0,4	0,0
42,0–44,0	1	30,0	2,2	1,0	0,8	0,1	0,2	0,0
<b>Totais</b>		<b>30,4</b>	<b>83,9</b>	<b>21,1</b>	<b>40,6</b>	<b>14,9</b>	<b>6,0</b>	<b>0,5</b>

### SORTIMENTO DE ÁRVORES REMOVIDAS NO CORTE FINAL (36 ANOS).

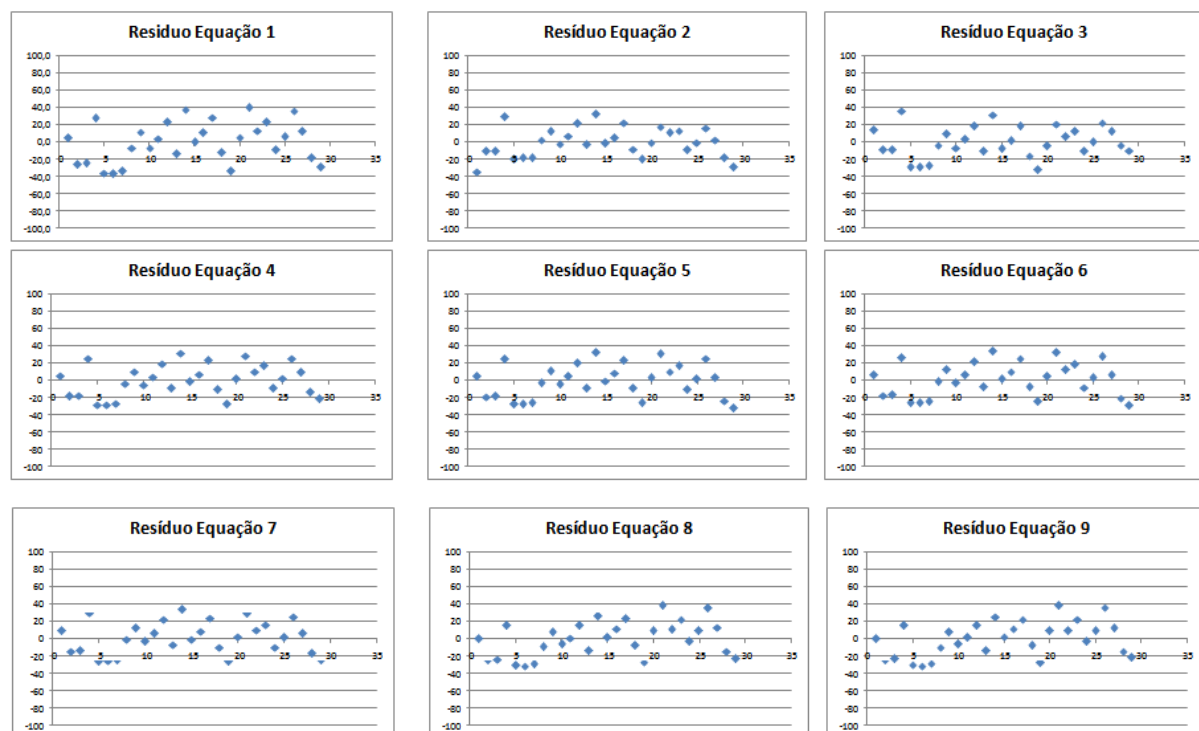
<b>Diâmetros</b>	<b>Árv./Ha</b>	<b>Altura média</b>	<b>Volume total</b>	<b>Laminação</b>	<b>Serraria I</b>	<b>Serraria II</b>	<b>Celulose</b>	<b>Energia</b>
38,0–40,0	13	33,8	21,9	6,3	11,3	2,5	1,7	0,1
40,0–42,0	106	35,0	194,9	82,3	72,4	30,0	9,1	0,6
42,0–44,0	90	35,5	182,0	87,6	62,5	18,7	12,3	0,5
44,0–46,0	44	35,9	97,0	57,4	28,4	7,4	3,1	0,5
46,0–48,0	16	36,1	39,9	25,5	10,7	1,5	1,9	0,2
48,0–50,0	5	36,4	12,7	8,7	2,5	1,0	0,5	0,0
50,0–52,0	1	36,6	2,8	2,1	0,5	0,2	0,1	0,0
<b>Totais</b>		<b>35,5</b>	<b>551,5</b>	<b>269,8</b>	<b>188,3</b>	<b>61,3</b>	<b>28,6</b>	<b>1,9</b>

### APÊNDICE 3 – GRÁFICOS DE RESÍDUOS DAS EQUAÇÕES TESTADAS

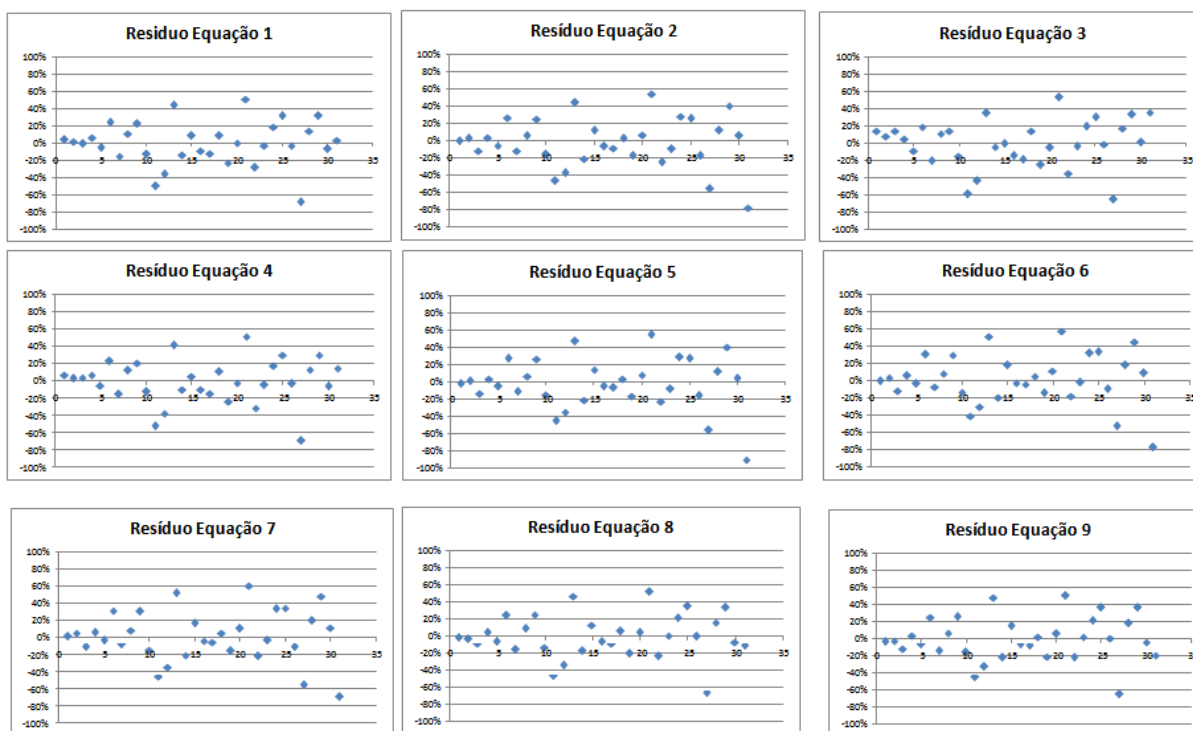
#### COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS – MOE



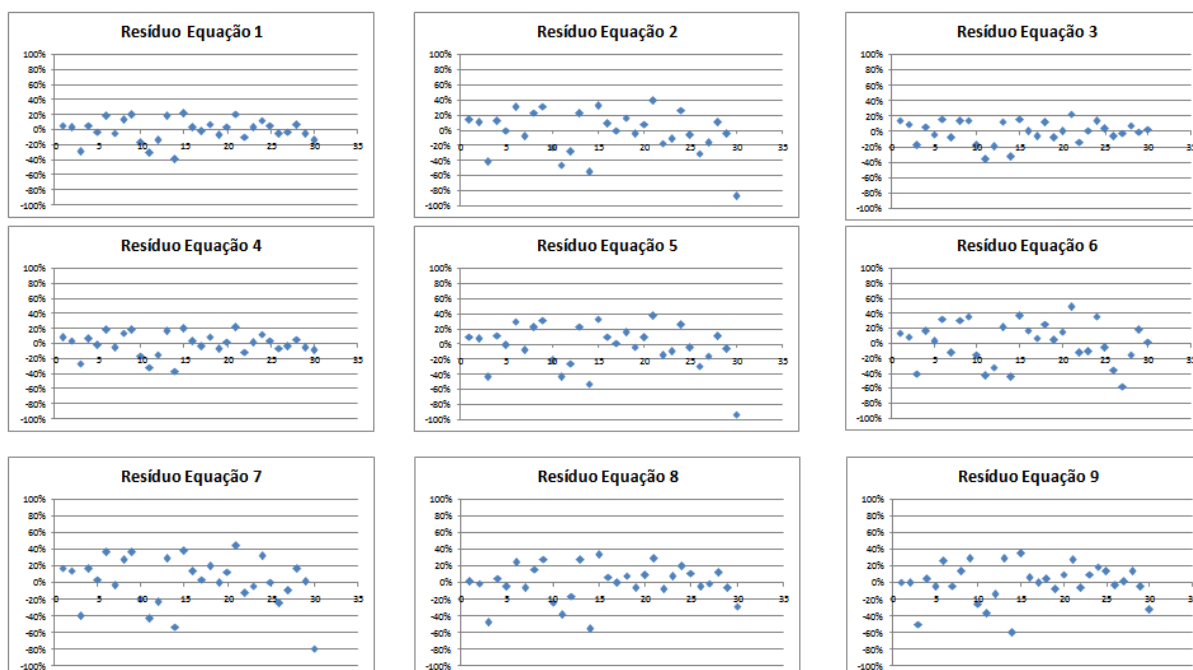
#### COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS - MOR



## FLEXÃO – MOE



## FLEXÃO – MOR



**APÊNDICE 4 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, MANEJO E COLHEITA  
TRATAMENTO 1**

**Ano Base**  
**2013**  
**US\$1,00 = R\$2,20**

CUSTOS					
Fases da Floresta		Operações/ Insumos	Insumos	Total R\$	Total US\$
ANO 0	Habilitação	Transporte de Máquinas e Descarga de Adubos		2,96	1,35
		Enleiramento/ Encoivara		244,77	111,26
		Aplicação de Herbicida Area Total Mecanizado		21,24	9,66
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Pesado		81,54	37,06
		Herbicida	Coadjuvante Full Tec	1,36	0,62
			Zero Espuma	0,02	0,01
			Scout NA - Area total	7,80	3,55
		Combate a Formiga Frente		37,06	16,85
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95
			MIP's 5 gr	12,80	5,82
		<b>Total - Habilitação</b>		418,25	190,11
	Plantação	Plantio		481,58	218,90
		Mudas		393,83	179,01

		Expedição de Mudas Plantio		77,83	35,38	
		Replantio		22,44	10,20	
		Aplicação de Herbicida Costal Area Total		292,04	132,75	
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		111,19	50,54	
		Herbicida	Scout NA - Area total		39,00	17,73
			Coadjuvante Full Tec		6,80	3,09
			Zero Espuma		0,10	0,05
			Chopper Florestal		51,54	23,43
		Repasse Combate a Formiga de Frente		31,50	14,32	
		Formicida		Mirex-Na	8,69	3,95
	Total - Plantação		1.516,56	689,34		
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias		8,81	4,00
			Combate a Incêndio		5,50	2,50
			Caminhos		22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 0					2.503,47	1137,94
		Aplicação de Herbicida Costal na Linha		167,12	75,96	
		Aplicação de Herbicida Entre Linha Mecanizada		59,28	26,94	
		Scout NA Costal na Linha		46,80	21,27	

			Coadjuvante Full Tec	0,54	0,25
			Zero Espuma	0,02	0,01
			Scout NA Costal Mec. Entre linha	5,85	2,66
			Coadjuvante Full Tec	0,07	0,03
			Zero Espuma	0,00	0,00
			Chopper Florestal	18,55	8,43
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		88,96	40,43
		Combate a Formiga Anual		31,50	14,32
		Formicida	Mirex-Na	9,56	4,35
		Total - Manutenção 1º ano			428,25
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
TOTAL ANO 1				996,91	453,14
		Aplicação de Herbicida Costal na Linha		59,89	27,22
		Aplicação de Herbicida Entre Linha Mecanizada		79,04	35,93

			Scout NA Costal na Linha	11,70	5,32
			Coadjuvante Full Tec	14,28	6,49
			Zero Espuma	0,22	0,10
			Scout NA Entre Linha Mecanizado	15,60	7,09
			Coadjuvante Full Tec	4,76	2,16
			Zero Espuma	0,07	0,03
			Chopper Florestal	51,54	23,43
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		44,48	20,22
		Combate a Formiga Anual		31,50	14,32
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95
		Total - Manutenção 2º ano			321,77
	Tratos Silviculturais	1º Poda		R\$ 231,01	115,68
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 2				1.121,44	509,74
○	Manutenção 3º ano	Aplicação de Herbicida Costal Area Total		204,43	92,92



		Herbicida	Scout NA Área Total	27,30	12,41	
			Coadjuvante Full Tec	4,76	2,16	
			Zero Espuma	0,07	0,03	
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Medio		166,79	75,81	
		Combate a Formiga Anual		31,50	14,32	
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95	
		Total - Manutenção 3º ano		443,55	201,61	
		Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
	Total Arrendamento		450,00	204,55		
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração		49,85	22,66	
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção		68,81	31,28	
	TOTAL ANO 3				1.012,21	460,09
	ANO 4	Manutenção 4º ano	Combate a Formiga Anual		31,50	14,32
Formicida			Mirex-Na	8,69	3,95	
Total - Manutenção 4º ano			40,19	18,27		
Tratos Silviculturais		2º Poda		R\$ 174,97	87,62	
Arrendamento		Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento		450,00	204,55	

	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
	TOTAL ANO 4				783,82
ANO 5	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
	TOTAL ANO 5				568,66
ANO 6	Tratos Silviculturais	3º Poda		R\$ 180,92	90,60
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00

	Administração	Custos Administração		Administrativo	15,03	6,83
				Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
				Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração				49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal		Proteção Patrimonial	31,82	14,47
				Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
				Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
				Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção				68,81
TOTAL ANO 6					749,58	340,72
ANO 7	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento				450,00
	Administração	Custos Administração		Administrativo	15,03	6,83
				Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
				Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração				49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal		Proteção Patrimonial	31,82	14,47
				Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
				Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
				Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção				68,81
	TOTAL ANO 7					568,66
ANO 8	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento				450,00
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	

			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	1° DESBASTE	Custos Desbastes	Proteção Patrimonial		0,00
			Dpto Torres e Vigias		0,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio		0,00
			Caminhos		0,00
		Total Custos 1° Desbaste		2125,91	966,32
		Receitas 1° Desbaste		6136,55	
	TOTAL ANO 8				2.694,57
ANO 9	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31

		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 9				568,66	258,48
ANO 10	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 10				568,66	258,48
ANO 11	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28

	2° DESBASTE	Custos Desbastes	Corte	0,00	
			Remoção	0,00	
			Processamento	0,00	
			Carregamento	0,00	
		Total Custos 2°Desbaste		494,66	224,84
		Receitas 2° Desbaste		1573,45	
TOTAL ANO 11			1.063,31	483,32	
ANO 12	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	TOTAL ANO 12			568,66	258,48
ANO 13	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00

			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
	3° DESBASTE	Custos Desbastes	Corte		0,00
			Remoção		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		Total Custos 3° Desbaste			597,68
	Receitas 3° Desbaste			2222,41	
	TOTAL ANO 13				1.166,34
ANO 14	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
	TOTAL ANO 14				568,66
ANO 15	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83

			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	TOTAL ANO 15				568,66	258,48
	ANO 16	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
Total Arrendamento			450,00	204,55		
Administração		Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
Proteção Florestal		Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
4° DESBASTE		Custos Desbastes	Corte		0,00	
			Remoção		0,00	
			Processamento		0,00	
			Carregamento		0,00	
		Total Custos 4° Desbaste			569,41	258,82



		Receitas 4° Desbaste		2479,98	
TOTAL ANO 16				1.138,07	517,31
ANO 17	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	TOTAL ANO 17				568,66
ANO 18	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
Total Custos Proteção		68,81	31,28		

5° DESBASTE	Custos Desbastes	Corte	0,00		
		Arraste	0,00		
		Processamento	0,00		
		Carregamento	0,00		
		Total Custos 5° Desbaste		611,82	
		Receitas 5° Desbaste		2964,56	
TOTAL ANO 18			1.180,48	536,58	
ANO 19	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	TOTAL ANO 19			568,66	258,48
ANO 20	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00

			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 20				568,66	258,48	
ANO 21	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 21				568,66	258,48	
ANO 22	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	

	6° DESBASTE	Caminhos		22,67	10,31
		<b>Total Custos Proteção</b>		<b>68,81</b>	31,28
		Custos Desbastes	Corte		0,00
			Arraste		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		<b>Total Custos 6° Desbaste</b>		<b>740,97</b>	<b>336,80</b>
		<b>Receitas 6° Desbaste</b>		<b>3.939,49</b>	
		<b>TOTAL ANO 22</b>		<b>1.309,63</b>	<b>595,29</b>
ANO 23	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		<b>Total Arrendamento</b>		<b>450,00</b>	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		<b>Total Custos Administração</b>		<b>49,85</b>	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		<b>Total Custos Proteção</b>		<b>68,81</b>	31,28
		<b>TOTAL ANO 23</b>		<b>568,66</b>	<b>258,48</b>
ANO 24	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		<b>Total Arrendamento</b>		<b>450,00</b>	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14

		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 24				568,66	258,48
ANO 25	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	7° DESBASTE	Custos Desbastes	Corte		0,00
			Arraste		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		Total Custos Desbaste		803,64	365,29
		Receitas 7° Desbaste		4.640,99	
TOTAL ANO 25				1.372,30	623,77
O	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55

		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 26				568,66	258,48
ANO 27	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
Total Custos Proteção			68,81	31,28	
TOTAL ANO 27				568,66	258,48
ANO 28	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55

	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		<b>Total Custos Administração</b>		<b>49,85</b>	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		<b>Total Custos Proteção</b>		<b>68,81</b>	31,28
	8° DESBASTE	Custos Desbastes	Corte		0,00
			Arraste		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		<b>Total Custos 8° Desbaste</b>		<b>615,80</b>	279,91
		<b>Receitas 8° Desbaste</b>		<b>3.715,04</b>	
	<b>TOTAL ANO 28</b>			<b>1.184,46</b>	<b>538,39</b>
ANO 29	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		<b>Total Arrendamento</b>		<b>450,00</b>	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		<b>Total Custos Administração</b>		<b>49,85</b>	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50

			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 29				568,66	258,48
ANO 30	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
		Total Custos Proteção		46,14	20,97
	CORTE RASO	Custos Colheita	Corte		0,00
			Arraste		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		Total Custos Colheita		8.494,48	3861,13
		Receitas Corte Raso		65.569,21	
TOTAL ANO 30				9.040,46	4109,30



**TRATAMENTO 2**

Ano Base  
2013  
US\$= 2,20

<b>CUSTOS</b>					
<b>Fases da Floresta</b>		<b>Operações/ Insumos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Total R\$</b>	<b>Total US\$</b>
<b>ANO 0</b>	<b>Habilitação</b>	Transporte de Máquinas e Descarga de Adubos		2,96	1,35
		Enleiramento/ Encoivara		244,77	111,26
		Aplicação de Herbicida Area Total Mecanizado		21,24	9,66
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Pesado		81,54	37,06
		Herbicida	Coadjuvante Full Tec	1,36	0,62
			Zero Espuma	0,02	0,01
			Scout NA - Area total	7,80	3,55
		Combate a Formiga Frente		37,06	16,85
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95

		MIP's 5 gr		12,80	5,82	
	Total - Habilitação			418,25	190,11	
	Plantação	Plantio		481,58	218,90	
		Mudas		393,83	179,01	
		Expedição de Mudas Plantio		77,83	35,38	
		Replantio		22,44	10,20	
		Aplicação de Herbicida Costal Area Total		292,04	132,75	
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		111,19	50,54	
		Herbicida	Scout NA - Area total		39,00	17,73
			Coadjuvante Full Tec		6,80	3,09
			Zero Espuma		0,10	0,05
			Chopper Florestal		51,54	23,43
		Repasse Combate a Formiga de Frente		31,50	14,32	
		Formicida		Mirex-Na	8,69	3,95
		Total - Plantação			1.516,56	689,34
		Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00
	Total Arrendamento			450,00	204,55	
	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
			Total Custos Administração			49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00	
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50	
	Caminhos			22,67	10,31	
	Total Custos Proteção			68,81	31,28	
TOTAL ANO 0				2.503,47	1137,94	

		Aplicação de Herbicida Costal na Linha		167,12	75,96
		Aplicação de Herbicida Entre Linha Mecanizada		59,28	26,94
			Scout NA Costal na Linha	46,80	21,27
			Coadjuvante Full Tec	0,54	0,25
			Zero Espuma	0,02	0,01
			Scout NA Costal Mec. Entre linha	5,85	2,66
			Coadjuvante Full Tec	0,07	0,03
			Zero Espuma	0,00	0,00
			Chopper Florestal	18,55	8,43
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve	88,96	40,43	
		Combate a Formiga Anual	31,50	14,32	
		Formicida	Mirex-Na	9,56	4,35
		Total - Manutenção 1º ano			428,25
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
TOTAL ANO 1				996,91	453,14
		Aplicação de Herbicida Costal na Linha		59,89	27,22

		Aplicação de Herbicida Entre Linha Mecanizada		79,04	35,93	
			Scout NA Costal na Linha	11,70	5,32	
			Coadjuvante Full Tec	14,28	6,49	
			Zero Espuma	0,22	0,10	
			Scout NA Entre Linha Mecanizado	15,60	7,09	
			Coadjuvante Full Tec	4,76	2,16	
			Zero Espuma	0,07	0,03	
			Chopper Florestal	51,54	23,43	
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		44,48	20,22	
		Combate a Formiga Anual		31,50	14,32	
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95	
		Total - Manutenção 2º ano			321,77	146,26
	Tratos Silviculturais	1º Poda			R\$ 231,01	105,00
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00	
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50	
	Caminhos			22,67	10,31	
	Total Custos Proteção			68,81	31,28	
	TOTAL ANO 2				1.121,44	509,74
ANO 3	Manutenção 3º ano	Aplicação de Herbicida Costal Area Total		204,43	92,92	

		Herbicida	Scout NA Área Total	27,30	12,41	
			Coadjuvante Full Tec	4,76	2,16	
			Zero Espuma	0,07	0,03	
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Medio		166,79	75,81	
		Combate a Formiga Anual		31,50	14,32	
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95	
		Total - Manutenção 3º ano			443,55	201,61
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	TOTAL ANO 3				1.012,21	460,09
	ANO 4	Manutenção 4º ano	Combate a Formiga Anual		31,50	14,32
Formicida			Mirex-Na	8,69	3,95	
Total - Manutenção 4º ano			40,19	18,27		
Tratos Silviculturais		2º Poda			R\$ 174,97	79,53
Arrendamento		Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento			450,00	204,55
Administração		Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	

			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00	
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50	
	Caminhos			22,67	10,31	
	Total Custos Proteção			68,81	31,28	
	TOTAL ANO 4				783,82	356,28
ANO 5	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 5				1.352,48	614,76	
ANO 6	Tratos Silviculturais	3º Poda			R\$ 180,92	82,24
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	

			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração	49,85	22,66
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50
	Caminhos			22,67	10,31
	Total Custos Proteção		68,81	31,28	
	TOTAL ANO 6				749,58
ANO 7	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração	49,85	22,66	
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção	68,81	31,28	
TOTAL ANO 7				568,66	258,48
ANO 8	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69

				Desenvolvimento			
				Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração				49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias		8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio		5,50	2,50	
			Caminhos		22,67	10,31	
		Total Custos Proteção				68,81	31,28
	TOTAL ANO 8					568,66	258,48
	ANO 9	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
Total Arrendamento				450,00	204,55		
Administração		Custos Administração	Administrativo			15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento			23,51	10,69
			Geoprocessamento			11,30	5,14
			Total Custos Administração				49,85
Proteção Florestal		Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias		8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio		5,50	2,50	
			Caminhos		22,67	10,31	
		Total Custos Proteção				68,81	31,28
TOTAL ANO 9					568,66	258,48	
ANO 10		Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			248,16	112,80
	Total Arrendamento				248,16	112,80	
	Administração	Custos Administração	Administrativo			15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento			23,51	10,69



		Geoprocessamento		11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
	Total Custos Proteção		68,81	31,28	
TOTAL ANO 10				366,82	166,74
ANO 11	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	1° Desbaste	1° Desbaste	Corte		0,00
			Arraste		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		Total Custos Desbaste		4.869,65	2213,48
		Receitas 1° Desbaste		16.165,85	
TOTAL ANO 11				5.438,30	2471,96

ANO 12	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 12				568,66	258,48	
ANO 13	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 13				568,66	258,48	
ANO 14	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55

		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 14					568,66	258,48
ANO 15	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
Total Custos Proteção			68,81	31,28		
TOTAL ANO 15					568,66	258,48
ANO 16	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55

	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85	22,66
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00	
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50	
	Caminhos			22,67	10,31	
	Total Custos Proteção		68,81	31,28		
	TOTAL ANO 16					568,66
ANO 17	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85	22,66
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00	
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50	
	Caminhos			22,67	10,31	
	Total Custos Proteção		68,81	31,28		
	2° Desbaste	2° Desbaste				

		Total Custos Desbaste		1.150,83	
		Receitas 2º Desbaste		5.092,54	
TOTAL ANO 17				1.719,49	781,59
ANO 18	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50
	Caminhos			22,67	10,31
	Total Custos Proteção		68,81	31,28	
TOTAL ANO 18				568,66	258,48
ANO 19	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50
	Caminhos			22,67	10,31

		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 19				568,66	258,48
ANO 20	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
			Total Custos Proteção		68,81
TOTAL ANO 20				568,66	258,48
ANO 21	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
			Total Custos Proteção		68,81

TOTAL ANO 21					568,66	258,48
ANO 22	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00	
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50	
	Caminhos			22,67	10,31	
	Total Custos Proteção			68,81	31,28	
	3° Desbaste					
		Total Custos Desbaste			1.300,24	
	Receitas 3° Desbaste			6.992,98		
TOTAL ANO 22					1.868,89	849,50
ANO 23	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	

			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 23				568,66	258,48	
ANO 24	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
			Total Custos Proteção			68,81
	TOTAL ANO 24				568,66	258,48
ANO 25	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
			Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	



			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	Desbastes	Custos Desbastes		Corte		0,00
				Arraste		0,00
				Processamento		0,00
				Carregamento		0,00
		Total Custos Desbaste			438,12	199,15
	Receitas 4° Desbaste			2.622,65		
TOTAL ANO 25				1.006,78	457,63	
ANO 26	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento		450,00	204,55	
	Administração	Custos Administração		Administrativo	15,03	6,83
				Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
				Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal		Proteção Patrimonial	31,82	14,47
				Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
				Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
				Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	TOTAL ANO 26				568,66	258,48
ANO 27	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento		450,00	204,55	
	Administração	Custos Administração		Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e	23,51	10,69	

			Desenvolvimento		
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		<b>Total Custos Administração</b>		<b>49,85</b>	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		<b>Total Custos Proteção</b>		<b>68,81</b>	31,28
	<b>TOTAL ANO 27</b>			<b>568,66</b>	<b>258,48</b>
	ANO 28	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra	450,00	204,55
			<b>Total Arrendamento</b>	<b>450,00</b>	204,55
		Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03
				Pesquisa e Desenvolvimento	23,51
				Geoprocessamento	11,30
				<b>Total Custos Administração</b>	<b>49,85</b>
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82
				Dpto Torres e Vigias	8,81
				Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50
				Caminhos	22,67
				<b>Total Custos Proteção</b>	<b>68,81</b>
		5° Desbaste			
			<b>Total Custos Desbaste</b>	<b>434,09</b>	
			<b>Receitas 5° Desbaste</b>	<b>2.698,16</b>	

TOTAL ANO 28				1.002,74	455,79
ANO 29	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 29				568,66	258,48
ANO 30	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	Desbastes	Custos Desbastes	Corte		0,00

			Arraste	0,00	
			Processamento	0,00	
			Carregamento	0,00	
		Total Custos Desbaste		272,57	123,89
		Receitas 6° Desbaste		1.780,74	
TOTAL ANO 30				841,22	382,37
ANO 31	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00
	Dpto Caminhão de combate a Incêndio			5,50	2,50
	Caminhos			22,67	10,31
	Total Custos Proteção			68,81	31,28
	TOTAL ANO 31				568,66
ANO 32	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
			Total Custos Administração		49,85
		Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82
	Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00

			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		<b>Total Custos Proteção</b>		<b>68,81</b>	31,28
	Corte Raso	Custos Desbastes	Corte		0,00
			Arraste		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		<b>Total Custos Desbaste</b>		<b>6.978,74</b>	<b>3172,15</b>
		<b>Receita Corte Raso</b>		<b>56.732,48</b>	
	<b>TOTAL ANO 32</b>			<b>7.547,40</b>	<b>3430,63</b>

TRATAMENTO 3

Ano Base  
2013  
US\$1,00=R\$2,20

CUSTOS
--------

Fases da Floresta		Operações/ Insumos	Insumos	Total R\$	TOTAL US\$
ANO 0	Habilitação	Transporte de Máquinas e Descarga de Adubos		2,96	1,35
		Enleiramento/ Encoivara		244,77	111,26
		Aplicação de Herbicida Area Total Mecanizado		21,24	9,66
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Pesado		81,54	37,06
		Herbicida	Coadjuvante Full Tec	1,36	0,62
			Zero Espuma	0,02	0,01
			Scout NA - Area total	7,80	3,55
		Combate a Formiga Frente		37,06	16,85
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95
			MIP's 5 gr	12,80	5,82
		<b>Total - Habilitação</b>		418,25	190,11
	Plantação	Plantio		481,58	218,90
		Mudas		393,83	179,01
		Expedição de Mudas Plantio		77,83	35,38
		Replantio		22,44	10,20
		Aplicação de Herbicida Costal Area Total		292,04	132,75
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		111,19	50,54
		Herbicida	Scout NA - Area total	39,00	17,73
			Coadjuvante Full Tec	6,80	3,09
			Zero Espuma	0,10	0,05
			Chopper Florestal	51,54	23,43
		Repasse Combate a Formiga de Frente		31,50	14,32
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95
		<b>Total - Plantação</b>		<b>1.516,56</b>	689,34
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55

		Total Arrendamento			450,00	204,55	
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83		
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69		
			Geoprocessamento	11,30	5,14		
		Total Custos Administração			49,85	22,66	
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47		
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00		
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50		
			Caminhos	22,67	10,31		
		Total Custos Proteção			68,81	31,28	
	TOTAL ANO 0					2.503,47	1137,94
			Aplicação de Herbicida Costal na Linha		167,12	75,96	
Aplicação de Herbicida Entre Linha Mecanizada				59,28	26,94		
			Scout NA Costal na Linha	46,80	21,27		
			Coadjuvante Full Tec	0,54	0,25		
			Zero Espuma	0,02	0,01		
			Scout NA Costal Mec. Entre linha	5,85	2,66		
			Coadjuvante Full Tec	0,07	0,03		
			Zero Espuma	0,00	0,00		
			Chopper Florestal	18,55	8,43		
			Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		88,96	40,43	
Combate a Formiga Anual				31,50	14,32		
Formicida			Mirex-Na	9,56	4,35		
Total - Manutenção 1º ano			428,25	194,66			
Arrendamento			Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
			Total Arrendamento			450,00	204,55

	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	TOTAL ANO 1				996,91	453,14
		Aplicação de Herbicida Costal na Linha		59,89	27,22	
		Aplicação de Herbicida Entre Linha Mecanizada		79,04	35,93	
			Scout NA Costal na Linha	11,70	5,32	
			Coadjuvante Full Tec	14,28	6,49	
			Zero Espuma	0,22	0,10	
			Scout NA Entre Linha Mecanizado	15,60	7,09	
			Coadjuvante Full Tec	4,76	2,16	
			Zero Espuma	0,07	0,03	
			Chopper Florestal	51,54	23,43	
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Leve		44,48	20,22	
		Combate a Formiga Anual		31,50	14,32	
		Formicida	Mirex-Na	8,69	3,95	
		Total - Manutenção 2º ano			321,77	146,26
	Tratos Silviculturais	1º Poda			R\$ 231,01	105,00
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento			450,00	204,55



	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	TOTAL ANO 2				1.121,44	509,74
ANO 3	Manutenção 3º ano	Aplicação de Herbicida Costal Area Total			204,43	92,92
		Herbicida	Scout NA Área Total		27,30	12,41
			Coadjuvante Full Tec		4,76	2,16
			Zero Espuma		0,07	0,03
		Capina Manual Area Total Folha Larga - Medio			166,79	75,81
		Combate a Formiga Anual			31,50	14,32
		Formicida		Mirex-Na	8,69	3,95
		Total - Manutenção 3º ano			443,55	201,61
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a	5,50	2,50	

			Incêndio			
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 3				1.012,21	460,09	
ANO 4	Manutenção 4º ano	Combate a Formiga Anual		31,50	14,32	
		Formicida		Mirex-Na	8,69	3,95
		Total - Manutenção 4º ano			40,19	18,27
	Tratos Silviculturais	2º Poda			R\$ 174,97	79,53
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias		8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio		5,50	2,50
			Caminhos		22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 4				783,82	356,28	
ANO 5	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal		Proteção Patrimonial	31,82	14,47

			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 5				568,66	258,48	
ANO 6	Tratos Silviculturais	3º Poda			R\$ 180,92	82,24
	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 6				749,58	340,72	
ANO 7	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
Dpto Torres e Vigias			8,81	4,00		

			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 7					568,66	258,48
ANO 8	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias		8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio		5,50	2,50
			Caminhos		22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 8					568,66	258,48
ANO 9	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo		15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento		23,51	10,69
			Geoprocessamento		11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial		31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias		8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio		5,50	2,50
			Caminhos		22,67	10,31

		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 9				568,66	258,48
ANO 10	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 10				568,66	258,48
ANO 11	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	Desbastes	Custos 1° Desbaste	Corte		0,00
			Arraste		0,00

		Processamento		0,00		
		Carregamento		0,00		
		Total Custos Desbaste		2.962,08		
		Receitas 1° Desbaste		9.085,36		
TOTAL ANO 11				3.530,74	1604,88	
ANO 12	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento		450,00	204,55	
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração		49,85	22,66	
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção		68,81	31,28	
	TOTAL ANO 12				568,66	258,48
	ANO 13	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
Total Arrendamento			450,00	204,55		
Administração		Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração		49,85	22,66	
Proteção Florestal		Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	

		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 13				568,66	258,48
ANO 14	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 14				568,66	258,48
ANO 15	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 15				568,66	258,48
ANO 16	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55

		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 16				568,66	258,48
ANO 17	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
Total Custos Proteção		68,81	31,28		
TOTAL ANO 17				568,66	258,48
ANO 18	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69



		Geoprocessamento		11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	Desbastes	Custos 2ºDesbaste	Corte	0,00		
			Arraste	0,00		
			Processamento	0,00		
			Carregamento	0,00		
		Total Custos Desbaste			3.125,41	1420,64
Receitas 2º Desbaste			12.362,24			
TOTAL ANO 18				3.694,07	1679,12	
ANO 19	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
	Total Custos Administração			49,85	22,66	
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
Total Custos Proteção			68,81	31,28		
TOTAL ANO 19				568,66	258,48	
ANO 20	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55	

		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 20				568,66	258,48
ANO 21	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
Total Custos Proteção		68,81	31,28		
TOTAL ANO 21				568,66	258,48
ANO 22	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69

		Geoprocessamento		11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
	Total Custos Proteção		68,81	31,28	
TOTAL ANO 22				568,66	258,48
ANO 23	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 23				568,66	258,48
ANO 24	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66

	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
TOTAL ANO 24				568,66	258,48	
ANO 25	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69	
			Geoprocessamento	11,30	5,14	
		Total Custos Administração			49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47	
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00	
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50	
			Caminhos	22,67	10,31	
		Total Custos Proteção			68,81	31,28
	Desbastes	Custos Desbastes	Corte		0,00	
			Arraste		0,00	
			Processamento		0,00	
			Carregamento		0,00	
		Total Custos Desbaste			1.072,09	487,31
		Receitas 3° Desbaste			5.166,97	
TOTAL ANO 25				1.640,75	745,79	
ANO 26	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra			450,00	204,55
		Total Arrendamento			450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83	

			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
	TOTAL ANO 26				568,66
ANO 27	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração			49,85
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção			68,81
TOTAL ANO 27				568,66	258,48
ANO 28	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14

		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 28				568,66	258,48
ANO 29	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	TOTAL ANO 29				568,66
ANO 30	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00

			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 30				568,66	258,48
ANO 31	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	Desbastes	Custos Desbastes	Corte	0,00	
			Arraste	0,00	
			Processamento	0,00	
			Carregamento	0,00	
		Total Custos Desbaste	1.677,79		762,63
	Receitas 4° Desbaste	9.241,54			
TOTAL ANO 31				2.246,45	1021,11
ANO 32	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14

		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 32				568,66	258,48
ANO 33	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
	TOTAL ANO 33				568,66
ANO 34	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00



			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 34				568,66	258,48
ANO 35	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50
			Caminhos	22,67	10,31
		Total Custos Proteção		68,81	31,28
TOTAL ANO 35				568,66	258,48
ANO 36	Arrendamento	Custos Arrendamento da terra		450,00	204,55
		Total Arrendamento		450,00	204,55
	Administração	Custos Administração	Administrativo	15,03	6,83
			Pesquisa e Desenvolvimento	23,51	10,69
			Geoprocessamento	11,30	5,14
		Total Custos Administração		49,85	22,66
	Proteção Florestal	Custos Proteção Florestal	Proteção Patrimonial	31,82	14,47
			Dpto Torres e Vigias	8,81	4,00
			Dpto Caminhão de combate a Incêndio	5,50	2,50

		Total Custos Proteção		46,14	20,97
	Corte Raso	Custos Colheita	Corte		0,00
			Arraste		0,00
			Processamento		0,00
			Carregamento		0,00
		Total Custos Colheita			9.139,34
	Receitas Corte Raso			67.853,31	
TOTAL ANO 36				9.685,32	4402,42

**APENDICE 5 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO E FLEXÃO**





**ANEXO 1 - RENDIMENTO DA POUPANÇA**

Fonte: [http://portalbrasil.net/poupanca\\_mensal.htm](http://portalbrasil.net/poupanca_mensal.htm)

Correção da poupança em 2014: 7,08%

TR (2014): 0,1053

2014	
MÊS	TR
Janeiro	0,1126
Fevereiro	0,0537
Março	0,0266
Abril	0,0459
Maio	0,0604
Junho	0,0465
Julho	0,1054
Agosto	0,0602
Setembro	0,0873
Outubro	0,1038
Novembro	0,0483
Dezembro	0,1053

## ANEXO 2 - IPCA Acumulado

Fonte: br.advfn.com › Indicadores Econômicos

Mês	2010	2011	2012	2013	2014	2015
JAN	4,59%	5,99%	6,22%	6,15%	5,59%	7,14%
FEV	4,83%	6,01%	5,85%	6,31%	5,68%	7,70%
MAR	5,17%	6,30%	5,24%	6,59%	6,15%	8,13%
ABR	5,26%	6,51%	5,10%	6,49%	6,28%	8,17%
MAI	5,22%	6,55%	4,99%	6,50%	6,38%	8,47%
JUN	4,84%	6,71%	4,92%	6,70%	6,52%	
JUL	4,60%	6,87%	5,20%	6,27%	6,50%	
AGO	4,49%	7,23%	5,24%	6,09%	6,51%	
SET	4,70%	7,31%	5,28%	5,86%	6,75%	
OUT	5,20%	6,97%	5,45%	5,84%	6,59%	
NOV	5,64%	6,64%	5,53%	5,77%	6,56%	
DEZ	5,91%	6,50%	5,84%	5,91%	6,41%	

Ano	Acumulado
2015	5,34%
2014	6,41%
2013	5,91%
2012	5,83%
2011	6,50%
2010	5,90%
2009	4,31%
2008	5,90%
2007	4,45%
2006	3,14%
2005	5,69%
2004	7,60%
2003	9,30%
2002	12,53%
2001	7,67%